

Budapesti Corvinus Egyetem

A GYÖKERESÉDÉSI ZÓNA  
AUXINTARTALMÁNAK ALAKULÁSA  
SZILVAALANY FÁSDUGVÁNYOKNÁL

Doktori értekezés

**Sándor Gergő**

Témavezető: Dr. Végvári György CSc  
egyetemi tanár

Budapest

2011

A doktori iskola

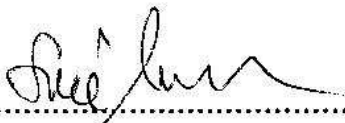
megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

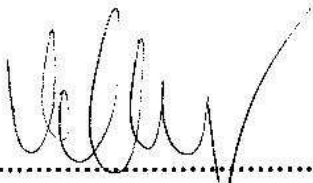
vezetője: Dr. Tóth Magdolna  
egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,  
Gyümölcstermő Növények Tanszék

Témavezető: Dr. Végvári György  
egyetemi tanár, CSc  
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,  
Gyümölcstermő Növények Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, így az értekezés védési eljárásra bocsátható.



Az iskolavezető jóváhagyása



A témavezető jóváhagyása

**A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2011 március 8-i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:**

**BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:**

**Elnöke**

Bernáth Jenő, DSc

**Tagjai**

Gonda István, CSc  
Jámborné Benczúr Erzsébet, CSc  
Lévai Péter, CSc  
Tillyné Mándy Andrea, CSc

**Opponensek**

Hrotkó Károly, DSc  
Porpáczy Aladár, DSc

**Titkár**

Tillyné Mándy Andrea, CSc

# Tartalom

Tartalom .....	1
Bevezetés .....	3
1. Irodalmi áttekintés .....	5
1.1 A fásdugványozás szerepe a faiskolai szaporításban .....	5
1.2 A járulékos gyökérképződés folyamata és morfológiája .....	7
1.3 A növekedésszabályzó anyagok szerepe a járulékos gyökérképződésben.....	10
1.3.1 Az auxinok szerepe a gyökérképződésben .....	10
1.3.1.1 Az indol-3-ecetsav (IES) .....	12
1.3.1.2 Az indol-3-vajsav (IVS) .....	16
1.3.2 A nem auxin jellegű növényi hormonok szerepe .....	20
1.4 Gyökeresedést serkentő, szinergista vegyületek .....	21
1.4.1.1 Fenolos és egyéb aromás vegyületek .....	21
1.4.1.2 Gyökeresedési kofaktorok, a rizokalin elmélet .....	22
1.5 Gyökeresedést gátló anyagok .....	23
1.6 Az enzimek szerepe a járulékos gyökérképződésben .....	24
1.7 A gyökeresedést kísérő általános biokémiai folyamatok .....	26
1.8 A járulékos gyökérképződés szabályozási folyamatának összefoglalása .....	28
1.9 A rügyek szerepe a gyökeresedésben .....	30
1.10 Az anyanövények prekondicionálása .....	31
1.11 A dugványanyag minősége .....	33
1.12 A dugványszedés időpontja.....	34
1.13 A dugványok hormonkezelése .....	35
1.14 A tárolás .....	36
1.15 Talpfütés alkalmazása .....	37
1.16 A dugványok gyökeresedését befolyásoló fiziológiai tényezők .....	38
1.16.1 A nyugalmi állapot és rügynyugalom szerepe a járulékos gyökérképződésben .....	38
1.16.2 Az aktív rügyek irányító szerepe.....	39
1.16.3 A szilvaalanyok hidegigénye .....	40
2. Célkitűzések .....	42
3. Anyag és módszer .....	43
3.1 A kísérletek helyszínei .....	43
3.2 A gyökeresedési kísérletben szereplő szilvaalany fajták .....	43
3.3 A dugványozás technológiája.....	45
3.4 A melegtalp-kezelés .....	46
3.5 A dugványok vakítása .....	47
3.6 A dugványzás körülményei, az időjárás.....	48
3.7 Mintaszedési időpontok.....	48
3.8 Mintaelőkészítés az auxin meghatározáshoz.....	49
3.9 Az auxinok HPLC-s mérésének analitikai körülményei .....	49
3.10 A laboratóriumi mérések összefoglalása.....	51
3.11 A dugványok fenológia és morfológiai eltéréseinek vizsgálatai .....	52
3.12 Statisztikai elemzés .....	52
4. Eredmények.....	53
4.1 A vizsgált szilvaalany fajták gyökeresedési képessége.....	53
4.1.1 A vizsgált szilvaalanyok fásdugványainak maximális gyökeresedési képessége .....	53
4.1.2 Az indol-3-vajsavas kezelések hatása a gyökeresedésre .....	54
4.1.3 A dugványszedés időpontjának hatása a gyökeresedésre .....	57

4.1.4	A dugványszedési időpont és kezelések együttes hatása .....	58
4.1.5	A gyökérszám és a különböző koncentrációjú exogén auxinos kezelések kapcsolata 60	
4.1.6	Az IVS-es kezelések hatása a dugványok biológiai ritmusára.....	62
4.1.7	A vakításos és IVS-es kezelések hatása a dugványok gyökeresedési eredményeire .	67
4.1.8	A melegtalp-kezelés hatása a dugványok gyökeresedési eredményeire .....	70
4.1.9	A dugványok morfológiai és fenológiai sajátosságai a melegtalp-kezelés kapcsán ..	72
4.2	A dugványok auxintartalmának vizsgálati eredményei .....	76
4.2.1	A fajták indolecetsav tartalmának változása a szaporítási periódus ideje alatt.....	76
4.2.2	A gyökeresedési zóna IVS tartalmának alakulása a gyökeresedés során.....	78
4.2.3	Az serkentés hatása a fajták IES tartalmának változására.....	83
4.2.4	A dugványcsúcs IVS-be történő bemártásának hatása a fenológiai folyamatokra és a natív auxinszintre .....	87
4.2.5	A vakításos kezelések hatása az auxinháztartásra és a fenológiai folyamatokra .....	90
4.2.6	A melegtalp-kezelések hatása a fajták dugványainak auxintartalmára.....	93
4.2.7	A melegtalp-kezelés hosszának hatása az auxinszint változására.....	99
4.3	Új tudományos eredmények.....	104
5.	Következtetések és javaslatok .....	105
6.	Összefoglalás.....	112
	Summary .....	116
	Mellékletek.....	120
	M 1. Irodalomjegyzék .....	120
	M 2. Ábrák, táblázatok .....	135
	Köszönetnyilvánítás .....	138

## Rövidítések-jegyzéke

2,4-D	2,4 diklór-fenoxi-ecetsav [94-75-7]
A/F érték	a dugványok alapi és csúcsi részének IES koncentráció hányadosa
BHT	butil-hidroxi-toluol [128-37-0]
DNS	dezoxiribonukleinsav
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IES	indol-3-ecetsav [87-51-4]
IVS	indol-3-valsav [133-32-4]
MeOH	methanol [67-56-1]
NES	naftil-1-ecetsav [86-87-3]
POD	peroxidáz enzim
PPO	polifenol-oxidáz enzim
RNS	ribonukleinsav

## Bevezetés

A szilva növényt (*Prunus domestica* L.) a középkor óta termesztik hazánkban, ezt a sokoldalúan felhasználható és tartósítható gyümölcsöt, mely a Fekete- és Kaszpi tenger vidékéről származik. Gyümölcsét már az ókori népek is igen kedvelték és termesztették. Magyarországon a termesztett gyümölcsök közül mennyiségét tekintve a szilva második legjelentősebb gyümölcs az alma után (Surányi, 2009), a termés mennyiség többéves átlaga eléri az évi 70 ezer tonnát (FruitVeb, 2009). Hazánk klimatikus adottságai a szilvatermesztéshez jól megfelelnek, így ez is hozzájárult magyarországi elterjedéséhez. A szilva mára már kivadult, így sokfelé találkozhatunk spontán, illetve szubspontán populációival.

A szilvatermesztés technológiai fejlesztésének egyik alappillére a megfelelő alanyhasználat, ugyanis a szilvánál, -mint más mérsékelt égövi növénynél- oltványnövényeken folyik a gyümölcs termesztés. Az oltvány árát nagyban befolyásolja az alany bekerülési költsége is, mely előállítás technológiájától, valamint a csemetekihozataaltól függ. A gazdaságosságnak alapvető feltétele a költséghatékony technológiával előállított alanycsemete.

Míg Nyugat-Európában a csonthéjas alanyokat (így a szilvaalanyokat is) több mint 70 %-ban már vegetatív úton szaporítják, addig nálunk és a környező országokban a magoncalanyok dominanciája jellemzi az alanykínálatot. A vegetatív szaporítású klónalanyok a magoncalanyokkal szemben számos értékes tulajdonsággal rendelkezhetnek, ezek közül talán a legfontosabb, hogy az előállított csemeték azonos növekedési erőkűek, ami a korszerű homogén ültetvények telepítésénél kulcsfontosságú szempont.

Az almatermesztésben mára már általánosan elterjedt hazánkban is a bujtvány-alanycsemeték használata, amely alapvető volt a korszerű, intenzív almaültetvények telepítéséhez. Ennek a váltásnak, az olcsó és jól gépestíthető bujtvány-alanyelőállítás volt az előfeltétele, amely sajnos csonthéjas gyümölcsök esetében legtöbbször nem megfelelő szaporításmód. A csonthéjas alanyokat autovegetatív szaporításmódok közül dugványozással (fás, illetve hajtás) lehet fajtaazonosan szaporítani, de a hajtásdugványozás esetén a növényanyag jóval kényesebb, így csak szaporítóházakban gyökereztethető meg eredményesen, ami költséges, és e mellett a szaporítás folyamata nagy technológiai fegyelmet is igényel. A szaporításmód költségessége azonban gátolja annak elterjedését.

A fásdugványozás potenciálisan a legolcsóbb és legegyszerűbb autovegetatív szaporítási mód lehet a szilvaalanyok esetében. A fásdugványozás nem igényel speciális és drága eszközöket, a növényanyag nem kényes, jól tárolható és szállítható, mégis jó minőségű csemeték állíthatók elő ennek segítségével.

A Nyugat-Európában már elterjedt, bevált, széleskörben használt fásdugványozási technológiákat azonban adaptálni kell a hazai körülmények közé. Korábban Szecső et al. (2002, 2003) foglalkozott a szilvaalany fásdugványozás technológiájának hazai kipróbálásával, javításával, azonban eredményeik ellenére mégsem terjedtek el a klónalanyok a hazai faiskolai termesztésben. Ennek okai részben a klímánkban, méginkább a hazai faiskolák rendszerében és munkaszervezési sajátosságaiban keresendők. Nyugat-Európára jellemző az erős faiskola specializáció, külön üzemekben történik az alanycsemeték előállítás és nevelése, ami nálunk ezidáig még nem következett be, a hazai faiskolai üzemek tevékenységi köre tág. A nem szakosodott, mindennel foglalkozó faiskolákban pont akkor van általános munkacsúcs, a kitermelés és az értékesítés miatt, amikor a fásdugványozást is el kellene végezni. Ezt követően a faiskolákban a téli időszak általánosan kényszerszünetet jelent, amikor nagyon nehéz munkát találni a dolgozók számára. Ha a téli időszakot fásdugványozással ki lehetne tölteni, az a technológia további terjedését segítené elő.

Irodalmi adatok szerint a fásdugványozásnál 50 %-os gyökeresedési eredményt elérő fajták esetében már érdemes ezt a szaporításmódot választani. A faiskolai gyakorlatban a megfelelő gyökeresedés eléréséhez a dugványokat serkenteni kell, aminek több lehetősége is ismert. Ilyen a talpmeleg-kezelés, és a növényi hormonokkal való kezelés. A talpmeleg-kezelés, ami a gyökeresedési zóna melegítését jelenti a gyakorlatban, sajnos alig terjedt el hazánkban annak költséges volta miatt.

A dugványozás eredményességét meghatározó külső körülmények, környezeti tényezők és technológiák megismerése céljából rengeteg kísérletet végeztek szilvalanyokkal, azonban a növényekben lezajló biokémiai folyamatok megismerésére jóval kevesebb kísérlet irányult. A kifejezetten szilvaalanyokkal foglalkozó kísérletek pedig ritkaságszámba mennek. Irodalmi adatok alapján az megállapítható, hogy a járulékos gyökérképződés vizsgálatával foglalkozó kutatók egyetértenek abban, hogy a sikeres gyökeresedés szempontjából a növényanyag fenológia és biokémiai jellemzői meghatározóak. A legtöbben úgy tartják, hogy járulékos gyökeresedést stimuláló anyagok a rügyekben termelődnek, és ezeket a legkülönbözőbb vegyületcsoportokból kikerülő anyagokat közös stimuláló hatásuk alapján gyökeresedési kofaktorként foglalja össze a szakirodalom (Darvis, 1986), pontos hatásmechanismusuk azonban mindmáig nem ismert.

A járulékos gyökérképződés folyamatában az auxinok csoportjának meghatározó szerep jut, de pontos koncentráció méréseken alapuló kísérletekhez azonban csak az elmúlt évtizedekben sikerült megteremteni a megfelelő precizitású műszeres analitikai háttérrel. A gyökérindukciós szakaszban a kutatók az auxin komplexeket tartják stimuláló hatásúnak, de jelenlétük a további nem auxinfüggő szakaszok szempontjából is meghatározó. Kísérleteinkkel a natív auxinok és a szilvadugványoknál serkentőszerként használt exogén auxinok szerepét is tisztázni szeretnénk volna a járulékos gyökérképződés szempontjából, a technológiai és gyökeresedési eredmények leírásán túl.

# 1. Irodalmi áttekintés

## 1.1 A fásdugványozás szerepe a faiskolai szaporításban

A fásdugványozás az egyik legolcsóbb és legegyszerűbb vegetatív szaporítási mód. Lényege, hogy a szárrészből járulékos gyökereket indukáljunk, életképes új növényegységet hozva létre. A fásdugványozáshoz a beérett vesszőket lehet használni lomb nélküli állapotban, egészen a rügyek kihajtásáig. A folyamat célja, hogy minél nagyobb százalékban sikerüljön járulékos gyökereket iniciálni, illetve primordiumokat, majd hajszálgyökereket növesztetni.

### A járulékos gyökérképződés szempontjából a növényeket több csoportba sorolják:

1. A legelső csoportba tartozó fajok és fajták preformált gyökereket, vagyis gyökérkezdeményeket tartalmaznak, ezért nagyon könnyen dugványozhatóak. Ez jellemző a *Cydonia*, *Ribes*, és a *Salix* nemzetség és egyes *Thuja* fajták esetében. A már kialakult gyökérképződmények az egy évnél idősebb gallyakban találhatóak, ezért mindig idősebb szárrésznek is kell lennie a dugványon, ez a lényege a kalapácsos dugványvágásnak is.
2. Más fajok és fajták esetében nincsenek preformált gyökerek, de igen könnyen meggyökeresednek a vesszők, exogén auxinos serkentés sem szükséges az eredéshez. Ebbe a típusba tartozik a *Forsythia*, vagy akár a 'Marianna GF 8-1' szilvaalany, ahol jó eredés érhető el.
3. Van, ahol az exogén auxin adagolás eszenciális a gyökeresedéshez, ebben az esetben az ehhez szükséges speciális kofaktorokat tartalmazza a növény, csak a nem specifikus hormonos serkentés hiányzik. Ezek a fajok viszonylag nehezebben gyökeresednek, gyakran a körülményekre is érzékenyebbek, ilyen például a 'Fehér Besztercei' szilvaalany és a *Ficus carica*.
4. Más fajokat egyáltalán nem érdemes dugványozni a járulékos gyökérképződéshez szükséges kofaktorok hiánya miatt. Haissig (1973) a következő okok valamelyikére vezeti vissza a gyökeresedés gátlását:
  - a gyökeresedéshez szükséges auxin-fenol konjugátumok képződéséhez szükséges enzimek hiányára,
  - enzim aktivátorok hiányára,
  - gyökeresedést gátló vegyületek jelenlétére,
  - az enzimatis reakciópartnerek fizikai (szövetközi) elszeparáltságára,
  - fenolos anyagok hiányára.



A csoportja jellemző, hogy az auxinos kezelés mellett bizonyos hiányzó vegyületek megfelelő időpontban történő hozzáadásával esetleg javítható az eredés. Specifikus serkentőszerként különböző fenolos vegyületek, fenolszármazékok, retardánsok, másodlagos anyagcseretermékek, és abszcizinsav jöhet szóba. A gyakorlatban azonban a bizonytalan eredés miatt ezeket a taxonokat csak a legritkább és legszükségesebb esetben szaporítják dugványozással.

A fásdugványozással elsősorban a könnyen szaporítható fajokat és fajtákat klónozzák. A gyökeresedés eredményességét sok tényező befolyásolja, a kiindulási növényanyag állapota meghatározó (kora, szöveti felépítése, növényben elfoglalt helye).

A dugványozás sikerességét befolyásoló tényezőket Hartman et al. (1997) a következő csoportokba sorolja:

1. A dugványanyag megválasztása és kezelése (prekondicionálás):

1. Az anyanövények kiválasztása, juvenilitásának megőrzése, fenntartása,
2. Az anyanövények környezeti feltételeinek szabályozása: hőmérséklet, víz, fény, etiolálás, gyűrűzés, szénhidrátok, szénhidrát/nitrogén arány, CO<sub>2</sub>, páratartalom,
3. A dugványanyag megválasztása (méret, átmérő, helyzet, stb.), típusa,
4. A dugványszedés időzítése.

2. A dugványok kezelése:

1. Növekedésszabályozó anyagok,
2. Sebzés,
3. Dugványok tárolása,
4. Dugványok ásványianyag utánpótlása,
5. Tápanyagok kimosódása.

3. A gyökeresedés körülményei:

1. Vízellátottság, páratartalom,
2. Hőmérséklet,
3. Fény (nappalhossz, intenzitás, minőség),
4. Gyökereztető közeg,
5. Dugványok fotoszintézise.

A fent leírt dugványozási paraméterek, „külső tényezők” tanulmányozásáról rengeteg irodalmi adat áll rendelkezésre, a tényezők növényekben indukált „belső” élettani, biokémiai hormonális válaszreakcióival nagyságrendekkel kevesebb publikáció foglalkozik. A kifejezetten szilvaalanyok dugványozása területén íródott a járulékos gyökérképződés biokémiai hátterét vitató tanulmányok ritkaságszámba mennek, pedig a folyamat mélyebb megértéséhez ezek a kísérletek nélkülözhetetlenek.

## 1.2 A járulékos gyökérképződés folyamata és morfológiája

A magvak csírázása során a gyököcskéből fejlődő gyökerek kivételével minden gyökér járulékos eredetű. A dugványozás autovegetatív szaporítás, ahol a járulékos gyökér képzése a cél. A szaporítás során olyan körülményeket teremtünk, hogy minél nagyobb arányban gyökeresedhessenek meg a dugványok.

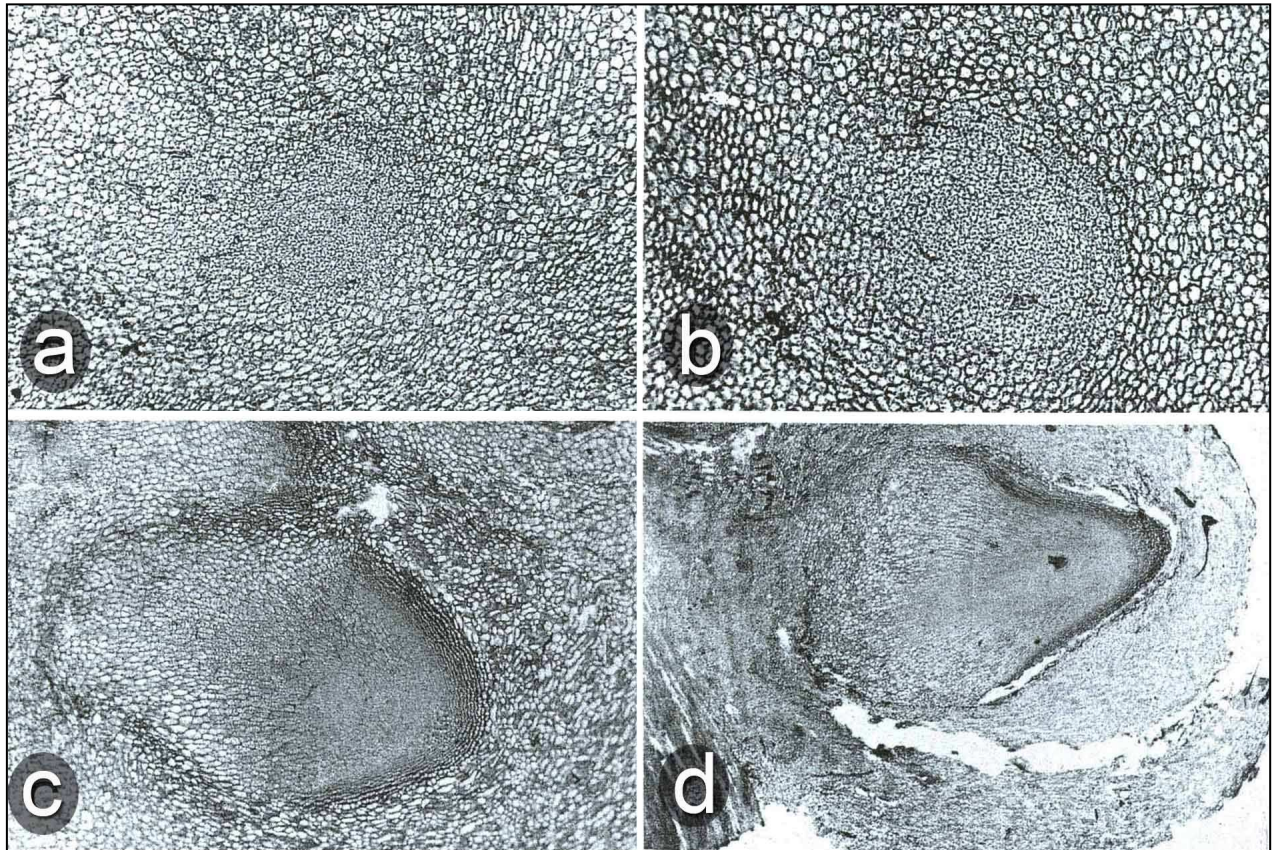
Bizonyos taxonokra jellemző, hogy rejtett gyökérkezdemények, primordiumok találhatóak a több éves szárrészekben. Ezek a gyökérkezdemények gátlás alatt állnak, bizonyos tényezők, például a dugványvágás hatására viszont aktivizálódnak, és gyökerek fejlődnek belőlük. Számos könnyen gyökeresedő gyümölcsfaj, mint például a birs és a piros ribiszke (Girouard, 1967a), továbbá a 'Colt' nevű alany tartozik ebbe a csoportba. Rosselli és Bartolini (1974) *Prunus domestica* L. fajtáknál is találtak preformált gyökereket az egy évnél idősebb szárrészek esetében. A gyökérkezdeményekkel nem rendelkező taxonok esetében sebzési ingerre van szükség a gyökérképződéshez, megvágás után a dugványok megfelelő körülmények között új gyökereket képezhetnek (Terpó, 1979). A szilvaalanyoknál dugványként használt egyéves vesszők is sebzési stimuláns hatására fejlesztenek új gyökereket, primordiumok nem találhatóak bennük (Skolidis et al., 1990).

A járulékos gyökérképződést a kutatók négy szakaszra osztják (Hartmann, 1997; Hrotkó, 1999), amit Skolidis (1990) a szilvaalanyonál is megerősít:

1. indukció: A specializálódott sejtek dedifferenciálódnak, visszanyerik az osztódóképességüket (de még nem osztódnak),
2. iniciáció: a merisztematikus tulajdonságúvá alakult sejtekből gyökérkezdemények (gyökériniciálisok) képződnek, de ezek nem differenciálódtak, nem alkotnak szervezett szövetfeleségeket, jellemzően az edénnyalábok tájékán alakulnak ki (**1. ábra**),
3. a gyökérkezdemények primordiumokká alakulnak, szöveti specializáció,
4. a primordiumok növekedésnek indulnak, megnyúlnak, edénnyaláb-kapcsolatokat hoznak létre, és átnőnek a szár szövetein.

A dugványok megvágásának hatására a felületi sejtek elhalnak, a növény szuberint (és fenolos vegyületeket) termel, ezzel zárja le a sebfelületet és az edénnyalábgyűrű környékét. A bevonat védő szerepet tölt be a patogénekkal szemben, és óv a kiszáradástól is. Másrészt „biztonságos” összeköttetést jelent a külvilággal, a vízfelvétel is csak ezen a „biológiai aktív szűrőn” keresztül történhet. A pararéteg alatti ép parenchimatikus sejtek osztódni kezdenek, és létrehozzák a kalluszt. Dedifferenciálódott osztódó szövet jön létre, amiből később az iniciálisok is kialakulhatnak. A nem specializálódott osztódó szövet egyes sejtcsoportjai differenciálódás révén alakulhatnak át primordiumokká. A kallusz alatt a bélsugar és a fiatal másodlagos floém parenchimasejtek dedifferenciálódott merisztematikus jellegű utódsejtjeiből és a kambiumból

gyökértényészőkúpok alakulnak ki, bizonyos esetekben a kalluszból történő rhizogenezis is előfordulhat (Krüssmann, 1997). A kambium és az edénnyalábok mentén és közvetlen környékén helyezkedik el a gyökeresedési zóna. *Pinus sylvestris* esetében igazolták, hogy az IES koncentráció ötvenszeres a kambialis zóna 30  $\mu\text{m}$  környezetében (Uggla et al., 1996), ami szintén jelzi a régió gyökeresedési szempontból kiemelkedő helyzetét. Lovell és White (1986) a *Prunus domestica* L. fajhoz tartozó 'Brompton' fajta esetében a bélsugarakból és a másodlagos floém utódsejtjeiből képződő primordiumokról számoltak be.



**1. ábra.** A *Prunus* nemzetségre jellemző járulékos gyökérképződés szöveti szerveződése (Skolidis et al. 1990 alapján)

a: az iniciáció korai szakasza, gyökér iniciális

b: az iniciáció késői szakasza, gyökér iniciális

c: a kialakult primordium,

d: gyökérnövekedés, a növekedésnek indult gyökérkezdemény áttöri a kérget, cortexet

A kialakult primordiumoknak fejlődésük során át kell törniük a cortexet és a kérget (**1. ábra**). A primordium osztódása során kialakulnak, a majdani gyökér elsődleges merisztémái, ezt követően megindul a gyökérnövekedés. A gyökerek felszínretörésével egy időben kialakulnak az edénnyaláb-kapcsolatok a differenciálódó szállítószövet kialakulásával párhuzamosan (Lovell és White, 1986). A járulékos gyökér éppúgy egy endogén eredetű szerv mint az oldalgyökér.

Hartmann (1997) véleménye szerint a kalluszosodás és a gyökeresedés egymástól független folyamatok a könnyen gyökeresedő fajok esetében, csupán azonos körülmények miatt fordulnak elő együtt, a nehezen gyökeresedő taxonoknál azonban már a gyökeresedés egyik feltétele is lehet. Girouard (1967b) az időskori adult *Hedera* alak esetében számolt be arról, hogy a gyökerek közvetlenül a kalluszból fejlődtek, Cameron és Thomson (1969) *Pinus radiata* esetében írta le ugyanezt. A túl erős kalluszosodás már hátrányos is lehet, hiszen a fásdugványok felélik tartalék tápanyagaikat.

A gyökereztetési közeg pH-ja is hatással bír a dugványok kalluszosodására, *Populus* dugványok esetében a pH 6 bizonyult a legmegfelelőbbnek (Cromack, 1965; Cromack és Lemay, 1966). Itt kalluszosodtak és gyökeresedtek legjobban a dugványok, a fejlődő szövet puha volt és nagy sejtekből állt. Bázikus pH-jú (11) közeg esetén a dugványok már nem gyökeresedtek meg, és csak gyengén kalluszosodtak, bár ez alatt meg lehetett találni a gyökérkezdeményeket.

*Olea europea* L. fásdugványok esetében megfigyelték, hogy azok a dugványok, amelyeknél összefüggő szklerenchima gyűrű alakult ki, nem képesek meggyökeresedni, szemben a nyalábokban csoportosuló szklerenchimával rendelkező fajtákkal (Ciampi és Gellini, 1958; 1963). A gyűrű gyakorlatilag a gyökérképződés anatómiai gátjaként működött, ami megakadályozza a gyökerek felszínre törését. A szilvaalanyok esetében az irodalmi források rendszerint nem hivatkoznak anatómiai gátló tényezőkre, bár a szakirodalom említést tesz erről más *Prunus* taxonoknál (Beakbane, 1969).

Az 'M26' almaalany esetében figyelték meg, hogy a dugványtálp keresztben történő bevágása szignifikánsan növelte gyökeresedő képességüket (Mackenzie et al., 1986). A bemetszés hatására a dugványok erőteljes kalluszosodással válaszoltak a bemetszés környékén, ahol új kambium alakult ki a régiből. Magyarázatok szerint a bemetszés hatására nagyobb felület, és több olyan lokusz jött létre, ami kedvez a járulékos gyökérképződésnek. A nagyobb felületi sebzés erősebb gyökeresedést stimuláló hatással bír. Kísérletekben és a gyakorlatban is elterjedt szilva és más *Prunus* taxonok vegetatív szaporításánál a fásdugványok oldalának hosszanti bemetszése (Kasim et al., 2009; Tsipouridis et al., 2005; Sharma és Aier, 1989; Dessy et al., 2004).

A kalluszképzésben a másodlagos floém, a periderma és a kambium vesz részt. Skolidis (1990) kísérleti eredményei szerint őszibarack fásdugványoknál a szedés után hat nappal a kambialis zóna aktivizálódik. A kambium különösen aktívan osztódik az ősszel és télen szedett dugványok esetében. Míg Skolidis (1990) kísérleteiben az 'Ishtara' fajtánál már a hatodik héten meg lehetett figyelni a kalluszosodást, addig a 'Myrobalan' esetében ugyanez már 8-9 hétig is eltartott. A 'Myrobalan' esetében az iniciálisokat két héttel hamarabb lehetett megfigyelni mint a másik fajtánál. Az első gyökerek megjelenéséig 135 napnak kellett eltelnie a dugványok őszi megvágásától számítva.

Általában elmondható, hogy a szabadba kiültetett dugványok kalluszosodása hamar bekövetkezik (5-6 hét), szemben a hűtőtárolóban tárolt egyedek 10-11 hétig is elhúzódó talprészi szövetburjánzásával. Hübl (1984) kísérleti eredményei szerint a 'Mirabelle' szilvák dugványai nem képesek kalluszosodás nélkül gyökériniciálisok képzésére. Skolidis (1990) a gyökérképződés folyamatának meghatározó, azt megalapozó kezdeti jelenségeként írja le a kalluszosodást. Hartmann (1997) ennek teljesen ellentmondó véleménye szerint a gyökeresedés és a dugványok talpi részének duzzadása között nincs kapcsolat.

### **1.3 A növekedésszabályzó anyagok szerepe a járulékos gyökérképződésben**

A növekedésszabályzó vegyületek a járulékos gyökérképződést is befolyásolják, a növényi hormonokat is mind ebbe a csoportba sorolják. Közülük az auxinok szerepe a legfontosabb a járulékos gyökérképződés szempontjából, de a citokininek, gibberelinek, az etilén és az abszcizinsav mennyisége is meghatározó lehet. A növekedésszabályzó anyagok csoportjába nem hormon jellegű vegyületek is tartoznak.

#### **1.3.1 Az auxinok szerepe a gyökérképződésben**

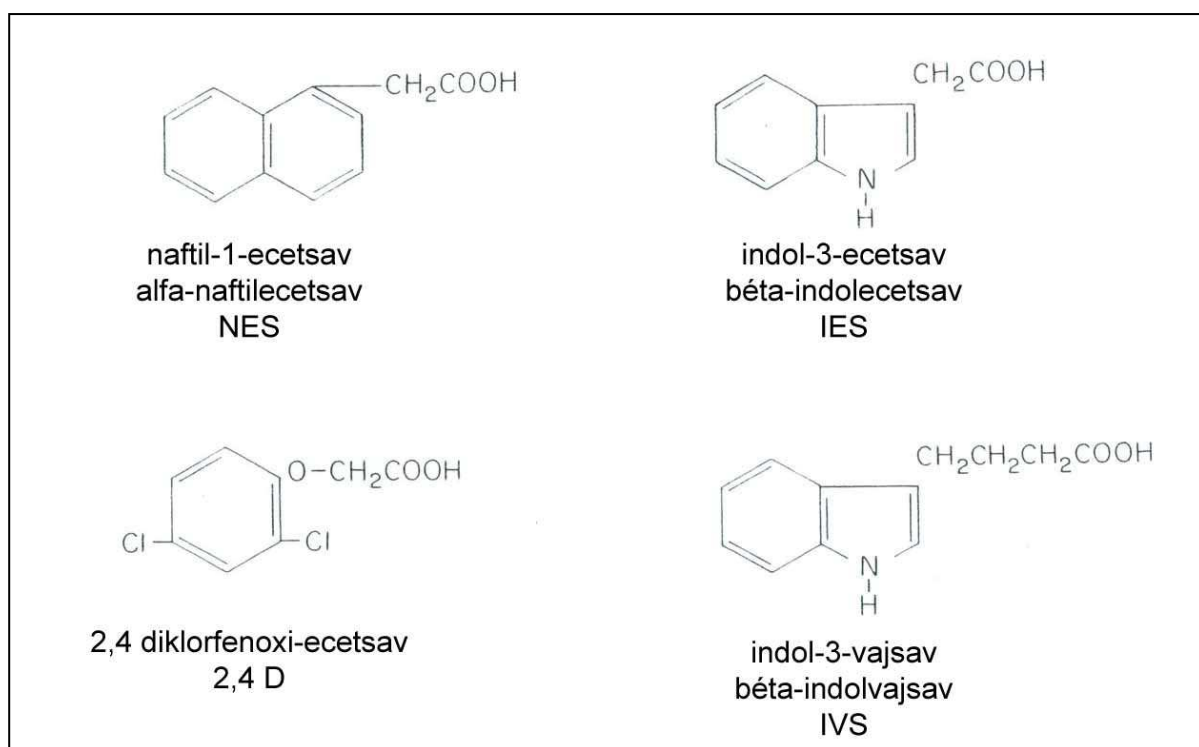
A legelső irodalmi forrás a XIX. század végén írja le, hogy a gyökérképződés indukálásáért felelős anyagok a levelekben termelődnek és lefelé áramlanak a dugványok talpi része felé (Sachs, 1880). A magyar Paál Árpád a fototropizmus jelenségének vizsgálata kapcsán írta le a még akkor ismeretlen vegyületek meghatározó szerepét (Paál, 1918), eredményei nagy lépést jelentettek az auxinok jelentőségének felfedezése felé. Van der Lek (1925) nyár és szőlő vesszőkön végzett rügy alatti bemetszésekkel akadályozta meg a serkentő anyagok dugványtalpba áramlását, az elmaradt gyökérképződéssel tudta bizonyítani az elméletet. Elfogadottá vált, hogy a gyökeresedéshez szükséges anyagok az aktív rügyekben és levelekben termelődnek, de konkrét vegyületeket még nem izoláltak. Went (1929) már specifikus gyökeresedést serkentő faktorokról írt publikációjában levélkivonatokat használt a gyökérképződés indukálására. A rizokalin fogalom megalkotása is részben a nevéhez fűződik, a gyökeresedést serkentő anyagokat foglalta össze ezzel a szakszóval (Hartmann et al., 1997).

Az 1930-as években fedezték fel az auxinokat, köztük is elsőként az indol-3-ecetsavat, és velük együtt gyökérképződésre gyakorolt stimuláló hatásukat is (Thimann és Went, 1934; Went, 1934). A mesterségesen előállított (Thimann és Koepfli, 1935), és levelektől megfosztott dugványokon demonstrálták az indol-3-ecetsav járulékos gyökérképződésben betöltött stimuláló hatását (Cooper, 1935). Audus (1959) széles növényiskálán végzett auxinkezeléses kísérleteket írt le, általános pozitív serkentő hatásról számolt be a gyökérképződés szempontjából. Az auxinok a



növényi hormonok azon csoportjába tartoznak, melyek a járulékos gyökérképződés biokémiai folyamatának irányításában kulcsszerepet játszanak, stimulációs hatással bírnak.

A natív auxinok a növényekben természetes körülmények közt is előfordulnak, a szövetekben szintetizálódnak. Az endogén auxinokra jellemző, hogy hő- és fénydegradációra is fokozottan érzékenyek és enzimatis úton is igen hamar lebomlanak. Az egyik leggyakoribb és „legnagyobb” (ng, µg/g) koncentrációban előforduló képviselőjük az indol-3-ecetsav (**2. ábra**). Bomlékonyságának köszönhetően az *in vivo* kertészeti szaporításai gyakorlatban már csak elvétve, főleg kísérleti jelleggel használják.



**2. ábra.** A legfontosabb auxin vegyületek kémiai felépítése (Jackson 1996 alapján)

Helyette a jóval stabilabb szintetikus auxinok, közülük is főleg a NES és az IVS használata terjedt el. Az utóbbi vegyület szintén indolvázis (**2. ábra**), aminek köszönhetően fényre érzékeny, bár sokkal kisebb mértékben, mint az IES, viszont minden más szempontból sokkal stabilabb. Főleg a fásszárú fajok gyökereztetésénél használják. A naftil-1-ecetsav (NES) elsősorban a lágyszárú növények szaporításában használatos, a vegyületben a ciklikus szénváz már nem tartalmaz heteroatomot. Minden esetben az adott taxon gyökerezési sajátosságán múlik, melyik serkentőszer bizonyul legeredményesebbnek. A 2,4-D (diklór-fenoxi-ecetsav) szénváza csupán egyetlen gyűrűt tartalmaz, ami a második és negyedik helyen klóratom tartalmú, ennek köszönheti igen erős auxinhatását (**2. ábra**). Elsősorban gyomirtószerként használják erős hatása miatt, a dugványok serkentése során könnyen perzselést okoz, gátolhatja a kihajtást, ráadásul igen lassan bomlik le, ezért mára szinte teljesen kiszorult a szaporítási gyakorlatból.

Több publikációban is beszámoltak a magasabb endogén auxinszintű fajták jobb gyökeresedő képességéről (Brunner és Mezei, 1976), önmagában ez azonban nem elegendő a jó gyökeresedéshez, hisz számos más tényező is szerepet játszhat ebben, akár az adott növény auxin érzékenysége is. Abban viszont a legtöbb kutató egyetért, hogy a jó gyökeresedési készséghez elegendhetetlen, hogy a gyökeresedési zóna natív auxinszintje megemelkedjen. A kambium és az edénnyalábok mentén és közvetlen környékén a *Pinus sylvestris* esetében igazolták, hogy az IES koncentráció ötvenszeres a kambialis zóna 30  $\mu\text{m}$  környezetében (Uggla et al., 1996), ami egyértelműen jelzi, hogy a magas auxingradiens elengedhetetlen a járulékos gyökerek képződéséhez.

Az exogén módon adagolt auxin hatású serkentőszerek (IVS, NES) hatásmechanizmusát még nem sikerült tisztázni teljesen. Kérdéses, hogy bekapcsolódnak-e direkt módon a járulékos gyökérképződés folyamatába. A legelfogadottabb elmélet szerint a mesterséges auxinok az IES-oxidáz tevékenységét gátolják, megvédve a natív auxinokat a lebomlástól. Breen és Muraoka (1973, 1974) szilvaalanyok esetében igazolták, hogy a radiológiailag ( $^{14}\text{C}$ ) jelölt IVS közvetlenül nem vett részt a gyökérkezdemények kialakításában (Ryugo és Muraoka, 1974), védő szubsztrátként viselkedett az IES-oxidázok tevékenységével szemben. Az exogén auxinos kezelések hatására általában a natív auxinszint megemelkedik, széles körben elfogadott, hogy ez a megnövekedett natív auxin gradiens szolgáltatja a járulékos gyökérképződéshez szükséges stimulációs impulzust.

### **1.3.1.1 Az indol-3-ecetsav (IES)**

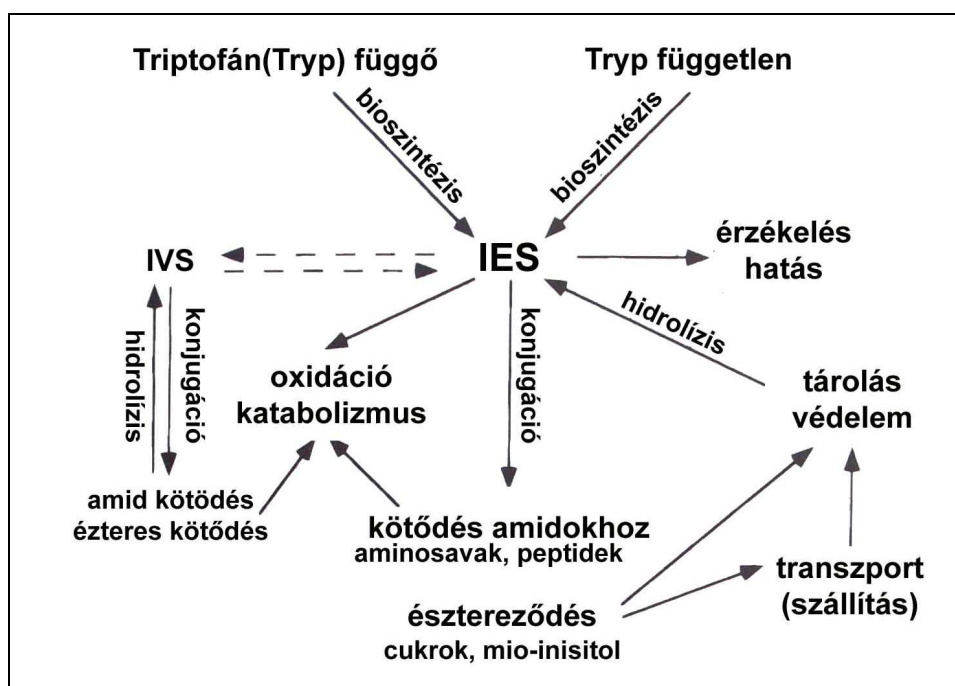
Annak ellenére, hogy a natív és exogén auxinok gyökeresedésben betöltött szerepét senki sem vitatja, pontos hatásmechanizmusuk, biológiai szintézisük, lebomlásuk máig sem ismert teljesen. Az auxin vezérelte gyökérképződés folyamatában számos ellentmondás található a szakirodalomban, a téma szakértői szerint a gyökérképződés legkevésbé ismert, ugyanakkor igen lényeges része pontosan az auxinok által vezérelt stimulációhoz kötődik (Jennifer, 1997). Darvis (1986) szintén elismeri a vegyületcsoport kimagasló irányító szerepét, viszont nem tartja teljesen tisztázottnak, hogy csak az auxinok a folyamat kizárólagos irányítói.

Ebben a fejezetrészen az auxin anyagcsere területére koncentráló, széles körben elfogadott legújabb kutatási eredményeket szeretném bemutatni. Az indol-3-ecetsav az egyik legnagyobb mennyiségben előforduló natív auxin. A N heteroatomot tartalmazó indolvázhoz ecetsav csatlakozik a hármasszénatomnál. Mint a leggyakoribb natív auxin kulcsszerepet tölt be a járulékos gyökérképződésben, hiszen minden növényi szövetben megtalálható. A gyökeresedési zóna magas indol-3-ecetsav tartalma elengedhetetlen a járulékos gyökérképződés szempontjából, a magas auxingradiens kialakulása szükséges a gyökérképződés stimulálásához (Blakesley et al., 1991).

A jelentőségük ellenére a dugványok gyökeresedésben irányító szerepet játszó vegyület anyagcsereújtára vonatkozóan számos ellentmondás található a szakirodalomban (Jennifer, 1997).

A dugványszedés után a natív auxinszint a gyökeresedési zónában megnő (Jennifer, 1997; Darvis, 1986; Blakesley et al., 1991), a megemelkedett auxingradiens a járulékos gyökérképződés hormonális stimulánsát adja. A megemelkedett auxinszintre a korai iniciációs szakasz végéig van szükség, utána az IES csökkenését lehet megfigyelni. Bizonyos esetekben néhány taxonnál az IES koncentráció növekedés akár teljesen el is maradhat, helyette fokozatos csökkenést lehet megfigyelni (Blakesley et al., 1991). Az IES szint megemelkedése utáni csökkenés fontos, mert az auxin-inaktív szakaszban a gyökeresedést serkentő hormon túl magas koncentrációban már gátlólag hathat (Blakesley et al., 1991; Darvis, 1986; Gaspar, 1981).

Az indol-3-ecetsav növényi szintézisének pontos, részletes folyamata nem ismert, nem ismerjük a natív auxin előállításának szabályozását (Bandurski et al., 1995; Bartel, 1997), viszont bizonyított, hogy az IES a triptofánból (Trp), vagy valamelyik prekursorából -mint az indol vagy indol-glicerol foszfát- származtatható (Bartel, 1997). Michaleczuk et al. (1992) *Daucus carota*-val folytatott kísérletei kapcsán közölte először, hogy a növényekben triptofán függő és triptofán független indol-3-ecetsav szintézis is létezik, és a kétféle előállítás egy növényen belül párhuzamosan is működik (3. ábra). *Zea mays* magoncok esetében azt találták, hogy az életkorral együtt változott, hogy melyik szintézis útvonalat preferálják a növények (Bartel, 1997). Úgy tűnik, az IES szintézisnek több biokémiai útvonala is létezhet, nem csak a triptofán molekulák egyesülésével alakulhat ki a növényekben legnagyobb mennyiségben előforduló natív auxin.



3. ábra. Az indol-3-ecetsav lehetséges anyagcsereútjainak és biokémiai kapcsolainak ábrája (Jennifer 1997 alapján)



A növényekben található IES legnagyobb részt a következő vegyületekkel alkotott konjugátumok formájában fordul elő (**3. ábra**) cukrok, myo-inositol (inos), peptidek, aminosavakhoz amino kötéssel, fehérjék (Bandurski et al., 1995). Az, hogy a rendelkezésre álló natív auxin milyen vegyületekhez kötődik, jellemző az adott taxonra, szövetre, környezetre, vagy akár a növény korára is. A komplexképzés fontos szerepet tölt be az auxinok tárolásában, transzportjában, védelmében és lebontásában (Bartel et al., 1997). Egy sokrétű és összetett, kifinomult szabályozó rendszerről van szó. Az egyes alakok tulajdonságaikban jelentősen eltérnek egymástól, ezért erősen specifikusak. A komplexképződés egy eszköz a szabad indol-3-ecetsav szint szabályozására, a folyamat gyakran reverzibilis, vagyis a nem véglegesen kötődött formák potenciális szabad IES forrásként is funkcionálnak. A gyökeresedés stimulálása szempontjából a szabad auxin az, ami jelentőséggel és biológiai hatással bír (Brunner, 1978; Liu és Reid, 1992; Epstein és Ackerman, 1993), a kötött formák hatása csak az indol-3-ecetsav hidrolízise révén érvényesül. A glükózhhoz kapcsolt IES-ről sikerült bizonyítani, hogy képes szabad natív auxinként felszabadulni, vagyis tárolási kötődésről van szó (Jennifer, 1997). Östin et al. (1995) mérései szerint a glükózhhoz kapcsolt IES esetében nem figyeltek meg oxidációt.

Az aszparaginsav az egyik leggyakoribb, legnagyobb hányadban előforduló konjugátum partner, egyes vélemények szerint a kapcsolat lényege nem az érzékeny vegyület tárolása, hanem inkább az IES irreverzibilis oxidációjának első lépése lehet (Chou et al., 1996). Feltételezését egy specifikus IES-Asp bontó enzim kódoló gén felfedezésére alapozza, elméletét még nem sikerült bizonyítani. A kutatók egyetértenek abban, hogy az aszparaginsav kulcsszerepet játszik az IES komplexképzési reakcióiban, Epstein és Ludwig Müller (1993) összefoglaló munkájában irreverzibilis konjugátumként írta le ezt az aminosav-hormon kapcsolódást. Az IES és aszparagin komplex konjugátumának oxidált formájáról bizonyították, hogy már nem bír biológiai hatással, véglegesen inaktiválódik (Plüss et al., 1989; Tsurumi és Wada, 1988), az aszparagin konjugátum partner biztos, hogy a natív auxin bontás folyamatában is fontos szerepet tölt be.

Az auxinok komplexképződése az a terület, amit ma legkevésbé ismerünk. Míg bizonyos vegyületekkel alkotott komplexek inaktiválódáshoz vezethetnek, addig mások fokozhatják az auxinok hatását. A potenciális auxin szinergista és antagonistá vegyületek száma óriási lehet és a specifikus konjugátumok és komplexek kulcsszerepet töltenek be az auxinok hatásának „finom” szabályozásában. E specifikus szabályozás bonyolultsága miatt szinte teljesen ismeretlen terület, pedig döntő jelentőséggel bír a járulékos gyökéreképződés szempontjából.

Az IES növényen belüli mozgására az aktív bazipetális transzport jellemző javarészt a floómen keresztül (Jennifer, 1997). A sejtek közti transzport membrán-lefűződéssel, kilépéssel (effluxal), majd belépéssel (influx) történik (Estelle, 1998).

Poláris auxin transzportra azonban csak a szabad natív auxin képes (Lomax, 1995). A komplexben kötött alakok, mint a IES-Ala, IES-Gly és egyéb aminosavat tartalmazó vegyületei csak jóval lassabb módon, diffúzió révén tudnak szállítódni. Ugyanakkor az IES-ionos komplex esetében azt találták, hogy 400-szor gyorsabb transzportra képes, mint a szabad indol-3-ecetsav (Bandurski et al., 1995). A dugványok esetében az auxin felhalmozás helye a dugványtálp gyökeresedési zónájában található (Blakesley et al., 1991).

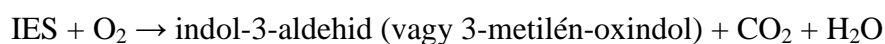
Az indol-3-ecetsav a hajtásokban, rügyekben szintetizálódik, és a floémen keresztül szállítódik bazipetálisan (lefelé). Az exogén módon adagolt IES is lefelé mozog a floémában, kísérleti úton igazolt, hogy a transzport csatorna visszafelé már nem működik. *Pinus sylvestris* esetében azt találták, hogy az IES koncentráció 50-szeres a kambális zóna 30 µm környezetében (Uggla et al., 1996) a transzport útvonal közelsége miatt. A dugványok esetében azért alakul ki a gyökeresedési zóna a kambium körül, mert itt a legnagyobb az esély a gyökériniciálisok képzésére, itt alakulhat ki a gyökérstimulációhoz feltétlenül szükséges magas auxin gradiens.

Az auxin lebomlásnak három fő módja lehetséges (Szalai, 1994):

1. Enzimatis oxidáció az IES-oxidáz-peroxidáz rendszerben,
2. Fotooxidáció: vizes oldatban fény hatására bomlik,
3. Inaktiválódási komplexek képződése révén: potenciális észterifikáció és konjugáció, kapcsolódás proteinekkel, nukleotidokkal és RNS-el.

Az indol-3-ecetsav hőbomlásra és fotooxidációra is fokozottan érzékeny, bomlási tulajdonságainak köszönhetően exogén auxinként csak a legritkább esetekben használják, helyette a jóval stabilabb NES és IVS használata terjedt el a kertészeti szaporítási technológiákban.

Az indol-3-ecetsav bomlása oxidációs folyamat, ami érintheti az oldalláncot, vagy akár az indolgyűrűt is. A növényi szöveteken belül elsősorban a peroxidáz enzimek felelősek az oxidációért *in vivo* körülmények között. Azt feltételezik, hogy ezek az enzimek egy speciális katalitikus helyet tartalmaznak az IES oxidáció számára. Szalai (1994) szerint az indol-3-ecetsav bomlása a következő egyenlet alapján mehet végbe:



A reakció körülményei szerint POD enzimek számos egyéb végterméket is képezhetnek az indol-3-ecetsavból, főleg indol-3-aldehid, 3-metilén-oxindol, 3-metil-oxindol, oxindol-3-methanol vegyületek keletkezhetnek (Östin et al., 1995).

Az indol-3-ecetsav nem dekarboxilatív bomlása az indolgyűrű oxidációját eredményezi. Több faj esetében is bebizonyosodott, hogy az  $\text{IES} \rightarrow \text{IES-Asp}$  átalakulás első lépése lehet a nem dekarboxilatív oxidációs bomlási útvonalnak.

A folyamatot a kukoricánál, rizsnél, *Populus* fajoknál és *Pinus sylvestris*-nél is leírták, viszont az egyes anyagcsereutak fajspecifikusak voltak (Jennifer, 1997). Az IES-Asp konjugáció egyúttal olyan anyagcsere köztesnek tekinthető, ami a natív auxin bomlása felé vezet, oxidált indol-3-ecetsav termék alakul ki belőle, például OxIES-Asp. A paradicsom natív auxin lebomlását vizsgálva többféle OxIES-Asp is találtak, például a glükopyranizil- $\beta$ -1,4-glükopyranizil- $\beta$ -1-N-OxIES-Asp (Östin et al., 1995), ami a biokémiai, lebomlási folyamat sokféleségét is jelzi. Ez az oka annak, hogy az auxin anyagcsere csak igen nehezen követhető, és még igen felületesen ismerjük.

A rizokalin elmélet elterjedésével sokan nem specifikus gyökeresedést serkentő vegyületnek tartották az auxinokat. Azóta kiderült, hogy az indol-3-ecetsav számos, idáig kevésbé ismert, belőle származtatható vegyületnek lehet a kiindulási alapja. A kísérleti eredmények szerint az indolvázhoz halogén vegyületek csatlakozhatnak, leggyakrabban a 4, 5, 6, 7 szénatomra. Idáig a bróm, a klór és a fluor vegyületek esetében számoltak be szubsztitúcióról (Antolić et al., 1996), ami azt jelenti, hogy több tucat indol-3-ecetsav halogenid létezhet. A IES származékok aktivitásában óriási különbségek vannak, a halogén atom pozíciója meghatározta biológiai aktivitását (Reinecke et al., 1995). A 4-Cl-IES-t találták a legaktívabbnak borsó esetében, az 5-Cl forma már kevésbé, a fluor származékok pedig teljesen passzívak, sőt gátló forma is volt köztük.

A 4-Cl-IES-t, mint natív auxin formát, leírták már borsóban (*Pisum sativum*), erdei fenyőben (*Pinus sylvestris*), lóbabban (*Vicia faba*), ugyanabban a biológiai környezetben akár százszor aktívabb is lehet mint az IES (Reinecke et al., 1995). A klórozott forma stabilitása, metabolizmusa, szöveti érzékelési mechanizmusa eltérhet a kiindulási vegyülettől, ezért bírhat sokkal erősebb biológiai hatással.

### 1.3.1.2 Az indol-3-vaicsav (IVS)

Az indol-3-ecetsav volt az első növényi hormon, amit exogén módon a gyökérvégződés stimulálására használtak (Cooper, 1935). Zimermann és Wilcoxon (1935) számos szintetikusan előállított vegyület auxin hatását ismerte fel, köztük talán a legjelentősebb az indol-3-vaicsav. Azóta az IVS serkentőszerként való alkalmazása rutin gyakorlattá vált, a legkülönbözőbb taxonok esetében igazolták igen erőteljes gyökérvégződést stimuláló hatását (Epstein és Ludwig-Müller, 1993).

Sok korábban előállított szintetikus vegyületről azóta kiderült, hogy számos növényben előfordul a természetben is, vagyis bizonyos taxonok esetében natív auxinként van jelen. Idáig a *Nicotiana tabacum* (Bayer, 1969), *Phaseolus vulgaris* (Brunner, 1978), *Pisum sativum* (Budenoch-Jones et al., 1984; Schneider et al., 1985), *Cupressus* (Epstein et al., 1988), *Zea mays* (Epstein et al., 1989; Ludwig-Müller és Epstein, 1991) taxonoknál írták le az IVS természetes előfordulását.

A jellemző natív indol-3-vaajsav előfordulási mennyiségéről kevés irodalmi adat áll rendelkezésre, Sutter és Cohen (1992) 37 ng/g-os összes IVS mennyiséget mért a szövetekben, amiből 7 ng/g volt jelen kötött formában 52 ng/g-os összes IES koncentráció mellett.

Idáig nem sikerült egzakt módon tisztázni, hogy az indol-3-vaajsav milyen mechanizmusok révén (direkt vagy indirekt módon) fejti ki gyökeresedést serkentő hatását. A szakirodalomban több elmélet is ismert, azonban ezek jelentős mértékben eltérnek egymástól, bár hasonló vonások is megjelennek bennük, illetve részben ki is egészíthetik egymást. Az egyik közös pont ezekben, hogy az IVS-nek nem tulajdonítanak direkt gyökeresedést stimuláló hatást, bár egyes taxonok esetében ez sem kizárható. Wang et al. (2003) direkt IVS stimulálta gyökeresedésről számolt be. A másik közös pont, hogy hatását szoros összefüggésbe hozzák az IES szinttel, valamilyen mechanizmus révén növeli a mennyiségét. Azonban ettől eltérő adatokat is lehet találni, például rizs esetében azt tapasztalták, hogy az IVS kezelések nem voltak hatással a natív auxinszintre (Wang et al., 2003). Az egyes elméletek nem feltétlenül zárják ki egymást, több is teljesülhet egyszerre adott növény, technológia és környezet esetében.

## **A következő két elmélet alakult ki az IVS hatásmechanizmusával kapcsolatban:**

### **1. az IES védő szubsztrátja**

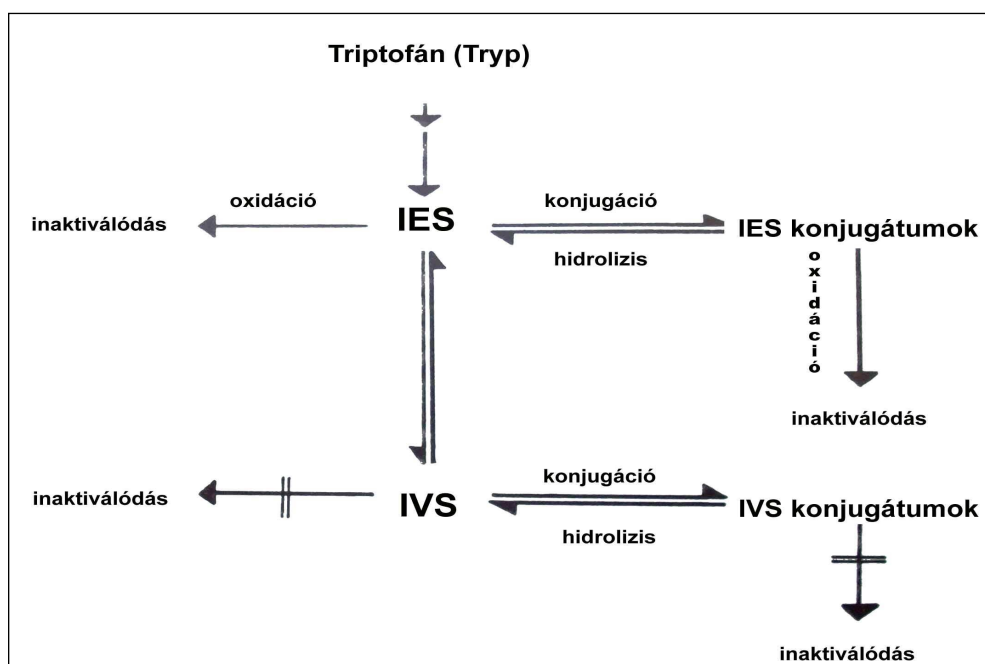
Breen és Muraoka (1973, 1974) szilvaalanyok esetében igazolták, hogy a radiológailag  $^{14}\text{C}$ -gyel jelölt IVS közvetlenül nem vett részt a gyökerkezdemények kialakításában (Ryugo és Muraoka, 1974), védő szubsztrátként viselkedett az IES-oxidázok tevékenységével szemben. Széles körben elfogadott, hogy az indol-3-vaajsav mint az IES védővegyülete fejti ki hatását (Hartmann, 1997; Hrotkó, 1999). Az egyik feltételezés szerint az IVS erősen kapcsolódik a natív auxinokat bontó enzimhez, ami lelassítja a natív auxinok bomlását. A másik elképzelés szerint a lebontást végző peptidek mennyisége alig nő meg, ami nem tud lépést tartani a felgyorsuló IES koncentráció növekedéssel (Végyvári és László, 2004).

### **2. Az IVS képes átalakulni indol-3-ecetsavvá**

Az 1980-as évek elején elterjedt elmélet a legfiatalabb, elsősorban *in vitro* körülmények közt végzett kísérleteken alapul. A legkülönbözőbb növények esetében írták le, hogy az IVS képes átalakulni indol-3-ecetsavvá (**4. ábra**), s ez akár azt is jelezheti, hogy bármelyik növényben végbe tud menni a folyamat, akár *in vivo* körülmények közt is (Jennifer, 1997). Az átalakulás képessége taxononként és növényi szövetenként eltérő lehet. A fásszáru növények közül a *Pinus sylvestris* dugványoknál, *Populus tremula* (Merckelbach et al., 1991), *Pyrus communis* (Baraldi et al 1993), *Malus pumila* esetében (Alvarez et al., 1989), a 'Jork 9' almaalanyánál (van der Krieken, 1992) írták le az IVS átalakulást. A *Vitis vinifera* és az *Olea europea* esetében radiokatív  $^3\text{H}$  atommal jelölt indol-3-vaajsavval bizonyították a vegyület IES-sé alakulásának képességét (Epstein és Lavee,

1984). Annak ellenére, hogy sok növénynél leírták és bizonyították már az indol-3-ajsav átalakulását IES-sé, több tucat szerző magyarázta a gyökeresedési eredmények javulását az átalakulás hatására megnövekedett indol-3-ecetsav koncentrációval, a transzformáció biokémiai folyamatát ma sem ismerjük teljesen (Epstein és Ludwig-Müller, 1993). Az viszont bizonyított, hogy natív indol-3-ajsavat tartalmazó növényekben az IES - IVS átalakulás visszafelé is működik.

A növények auxin tartalmának csak igen kis hányada fordul elő szabad formában, jórészt különböző vegyületekkel alkotott konjugátumaik a jellemzőek. A borsó esetében az IVS és IES aszparaginsavval alkotott (aminosav) konjugációját írták le (Andrea és Good, 1957), és már az IVS-IES átalakulást is megfigyelték. Más szerzők az IVS esetében többféle óriás molekulájú peptiddel alkotott konjugátumokról számoltak be, melyeket az IES esetében már nem találtak meg. A kutatók egyetértenek abban, hogy az aszparaginsav kulcsszerepet játszik az IVS és IES konjugációjában (Epstein és Ludwig Müller, 1993). Az IVS esetében több irodalmi forrás is beszámol arról, hogy a vegyület glükózzal észterkötés révén kapcsolódik. Az IES aszparagin oxidált formájáról bizonyították, hogy már nem bír biológiai hatással, vagyis véglegesen inaktiválódott (Plüss et al., 1989; Tsurumi és Wada, 1988). Az indol-3-ajsav esetében ilyen jellegű oxidációs inaktiválódással még nem találkoztak, feltételezik, hogy ez lehet az oka az IVS erősebb gyökeresedést serkentő hatásának, stabilitásának (**4. ábra**). Lehetséges, hogy az IVS oxidált formája létezik, csak még nem fedezték fel.



**4. ábra.** Az IVS – IES átalakulás, szintézis és konjugáció (Epstein és Ludwig Müller, 1993 alapján)

*Prunus avium* L. esetében azt találták, hogy a nehezen gyökeresedő fajták esetében az exogén IVS-es kezelést követően rövid időn belül nem volt jelen szabad formájú serkentőszer, mert észterképződés révén feltételezhetően glükóz molekulához kapcsolódott. A vizsgálatok szerint a könnyen gyökeresedő fajtáknál a konjugáció jóval lassabb volt, és kis mennyiségű szabad indol-3-vajsavat is lehetett detektálni a növényekben (Epstein et al., 1993b), sőt a gyökeresedés ideje alatt a szabad IVS koncentrációja még emelkedett is. Így arra a következtetésre jutottak, hogy a könnyen gyökeresedő fajtáknak megvan a képessége az indol-3-vajsav konjugátumok észterkötéseinek hidrolízisére, vagyis a gyökeresedés szempontjából aktív szabad forma előállítására a komplex alakból. A kutatók körében általánosan elfogadott, hogy a dugványtalp gyökeresedési zónájában lévő szabad formájú auxinok koncentrációjának növekedése szükséges a gyökeresedéshez (Brunner, 1978; Liu és Reid, 1992; Epstein és Ackerman, 1993), ennek a formának a legnagyobb a biológiai aktivitása. A konjugátumok adott reakciókörülmények hatására hidrolizálhatnak, ezért lassan feltárodó szabad auxinforrásként is funkcionálhatnak (**4. ábra**).

A nehezen gyökeresedő *Olea europea* cv. Uovo di Picone fajtánál a szabad indol-3-vajsav mennyiségének növekedésével duplájára sikerült növelni a meggyökeresedő egyedek számát (Epstein et al., 1993b). A dugványok kezelését 800 ppm koncentrációjú IVS oldattal önállóan és 2,6-dihidroxi-acetofenon (DHA) hozzáadásával végezték. Az utóbbi vegyületre azért volt szükség, hogy növeljék a szabad IVS mennyiségét a serkentőszer komplexképződésének gátlása révén. A DHA és IVS együttes alkalmazása esetén a dugványok 30 %-a gyökeresedett meg, ami kétszeres volt a sima serkentőszeres kezelés 15 %-hoz képest. Feltételezhetően, függetlenül attól, hogy az IVS direkt vagy indirekt hatással bír-e a gyökeresedésre, a szabad forma az, ami a biológiai aktivitásért felelős.

Az auxinok közül az IES transzportja a leggyorsabb, a növényi szövetekben 7,5 mm/órás sebességet ér el, ugyanebben a kísérletben a NES-nél 6,7 mm/órás mozgási intenzitást mértek *in vitro* körülmények között (Leopold és Lam, 1961). A 2,4-D és az IVS áramlási sebessége sokkal lassabb, ez utóbbinál 3,2 mm/óra. Lényegi különbség, hogy az IVS *in vivo* körülmények között a serkentés helyénél marad, a fás- és zöld dugványok esetében nem szállítódik tovább, immobilizálódik. Kutatások megerősítik, hogy a mesterségesen adagolt IVS a dugványok talpi részében halmozódik fel (Epstein et al., 1993b; Epstein és Lavee, 1984). Ezt radioaktív atommal jelölt exogén IES kezelések esetében is igazolták (Liu és Reid, 1992). Jarvis és Booth (1981) arról számolt be, hogy a dugványok talpi részének IVS-es kezelése megnöveli az IES bazipetális áramlását a dugványok gyökeresedési zónája felé. A szintetikus auxin a natív forma mobilizálásában is szerepet játszik. Epstein et al. (1993b) azt találta, hogy a könnyen gyökeresedő *Prunus avium* L. típus több IVS-t vett fel, mint a nehezen gyökeresedő, és tovább is tárolta azt.

### 1.3.2 A nem auxin jellegű növényi hormonok szerepe

**Citokininek:** A sejtosztódásban fontos szerepet játszó hormoncsoport, ami a járulékos gyökérképződés folyamatát is befolyásolja. Az auxinok és citokininek aránya meghatározó, az auxin túlsúly kedvező a járulékos gyökérképződés szempontjából (Szalai, 2006), citokinin túlsúly esetében járulékos rügyképződés következhet be. A magas citokinin tartalmú fajták általában rosszul gyökeresednek. Az exogén adagolású formái, mint a kinetin és a 6-benziladenin gátlólag hatnak a járulékos gyökérképződés folyamatára (Eriksen, 1974; Humphries, 1960). Az alacsony citokinin szint megléte kedvező a gyökérképződés szempontjából megfelelő auxinarány mellett (Darvis, 1986). Ez a hormoncsoport. a nyugalmi állapot megszűnésében és a rejuvenilizációs folyamatokban is szerepet játszik .

**Gibbereleinek:** A hajtások megnyúlásában játszanak szerepet, a sejtek osztódását és megnyúlását stimulálják. Elfogadott, hogy a gyökérkezdemények kialakulását gátolják (Fabijan et al., 1981; Skoog et al., 1973; Darvis, 1986) a differenciálódott szöveteket osztódó és dedifferenciálódó képességük visszanyerésében akadályozzák, kis koncentrációban azonban elősegítik a gyökérképződést. A gyökériniciációs szakaszban túl magas koncentráció esetén a sejtek osztódását gátolják.

**Abszcizinsav:** Általános növényi gátló hormon, növényi stresszhormon, mely fontos szerepet játszik a magnyugalom, rügynyugalom kialakításában. Szabályozza a szárazságstresszt, a transzspirációt, az asszimilációs és deszimilációs egyensúlyt. Hatását nem csak koncentrációjának függvényében fejt ki, a többi hormon mennyisége is hatással lehet a folyamatok irányításában. Magas auxinszintnél magasabb abszcizin szintre van szükség a megnyúlási, osztódási folyamatok gátlásához, lassításához.

A járulékos gyökérképződés folyamatában általában gátlólag, de optimális koncentrációban akár serkentőleg is hathat. A gibberelinsavak antagonistájaként segítheti a járulékos gyökérképződést (Hartman et al., 1997). Magas koncentrációban a gyökérnövekedést gátolja.

**Etilén:** A növekedésben, virágzás indukálásában, a levelek és termések előregedésében és a levélváltásban játszik fontos szerepet. Ezért a leveles „zölddugványok” esetében tölt be fontos szerepet, ahol a levelek elvesztése, túlzott előregedése drasztikusan rontja az eredési esélyeket. A magas etilén koncentráció, illetve etilénes kezelés segítheti (Robbins et al., 1983), gátolhatja (Geneve és Heuser, 1983), vagy akár közömbös hatással is bírhat a járulékos gyökérképződés

szempontjából (Batten és Mullins, 1978). Darvis (1986) szerint bizonyos mennyiségű etilénre szükség lehet az auxinok mellett a gyökérképződéshez.

## **1.4 Gyökeresedést serkentő, szinergista vegyületek**

Számos olyan mesterséges (indol) és természetes (terpének) vegyületről számoltak be, ami a gyökeresedés folyamatát áttételesen vagy direkt mód elősegíti. Ezeket a vegyületeket a szakirodalom gyökeresedési kofaktorként, auxin szinergista hatású vegyületekként írja le. Ezek az anyagok kémiai értelemben és hatásmódjukat tekintve rendkívül sokfélék lehetnek, fontos szerepük, hogy kiegészítik, vagy segítik az auxinok működését.

### **1.4.1.1 Fenolos és egyéb aromás vegyületek**

A gyökeresedési faktorok közül a fenolos vegyületek jelentőségére külön hangsúlyt fektetnek (Jackson és Harney, 1970; Hess, 1969). Van Raalte-nak (1954) már sikerült igazolnia az indol és fenil-ecetsav és fenil-vajsav vegyületek IES szinergista hatását. Az indol serkentő hatását más források is megerősítik (Gorter, 1958; 1962), sőt önálló gyökeresedést serkentő szerepet is tulajdonítanak neki. A fenolos vegyületek hatásukat úgy fejtik ki, hogy az IES oxidáz enzimek hormont bontó tevékenységét lassítják (Van Raalte, 1954) hasonló kémiai felépítésük folytán. Valószínűleg az aromás, gyűrűs vegyületek kötődnek az enzimek felületén, ezzel csökkentve nativ auxinbontó kapacitásukat. Szecső et al. (2004) a szilva fásdugványok és rügyeik összes fenoltartalmát vizsgálta abból a célból, hogy tisztázza az auxinvédő vegyületcsoport és a hozzá tartozó enzimatis folyamatok szerepét. Eredményei szerint bizonyos intervallumon belül kell lennie az összes fenolos vegyület mennyiségének, mert a túl alacsony és túl magas szint egyaránt kedvezőtlen.

A különböző aromás és ciklikus vegyületek az egyes auxinok hatását különböző mértékben erősítik. Az indol a járulékos gyökérképződés szempontjából az IES, NES, 2,4-D vegyületekkel szinergista, a  $\beta$ -naftol a 2,4-D hatását már nem képes erősíteni, a fenol pedig csak az indol-3-ecetsavnak védőszubsztrátja (Gorter, 1969).

Az összes fenoltartalom növekedéséről számoltak be az indukciós szakaszban az IES koncentrációjának növekedésével párhuzamosan, amit az auxin független szakaszban gyors koncentráció csökkenés követett (Nag et al., 2001), a gyökeresedési zóna natív auxinszintjének párhuzamos fogyása mellett. A gyors fogyást lassú koncentráció emelkedés követi, aminek a célja a megfelelő auxinszint megtartása, a további bomlás megakadályozása.



Az IVS-es kezelések esetén ugyanezeket a növekedési és csökkenési trendeket lehetett megfigyelni a megnövekedett fenoltartalom mellett (Nag et al., 2001). Ezzel ellentétes adatok is előfordulnak az irodalomban, a 'Gisela 5' alany esetében, melyben az egyes fenolos komponenseket vizsgálták, azt találták, hogy az IVS-es kezelések hatására a vizsgált vegyületek mennyisége nem nő a gyökérképződés ideje alatt (Trobec et al., 2005). A polifenoloxidáz (PPO) enzimek aktivitása (mennyisége) a polifenol szinttel fordítottan volt arányos, az inverzeként jelent meg. A PPO aktivitásának maximumát az iniciációs szakasz közepén éri el, amikor az összes fenoltartalom a legkisebb.

A polifenolokon kívül számos más aromás jellegű vegyület szinergista hatásáról is beszámoltak, hatásukat vélhetően auxinvédő kapacitásuk révén fejtik ki.

#### **1.4.1.2 Gyökeresedési kofaktorok, a rizokalin elmélet**

A klasszikus rizokalin elmélet alapján az auxinokon kívül a levelekben és rügyekben termelődő specifikus kofaktorokra is szükség van a járulékos gyökérképződéshez. Bouillinne és Bouillinne Walrand (1955) szerint a gyökeresedéshez szükséges a rizokalin komplex is, ami legalább három vegyületből áll. Egy specifikus orto-dihidroxifenolok csoportjába tartozó vegyületből, ami levelekből áramlik bazipetálisan a gyökeresedési zóna felé. A komplexekben az auxinok nem specifikus faktorként funkcionálnak. A harmadik anyag vélhetően egy speciális enzim, polifenol oxidáz, ami a floém és kambium környékén a legaktívabb. Az azóta széleskörben elterjedt elmélet szerint a fenolos vegyületek kulcsszerepet játszanak a gyökeresedésben, mint specifikus faktorok. Úgy gondolták, hogy a gyökeresedési zónában a specifikus enzim jelenlétében az auxin komplex kötődik az orto-dihidroxifenolhoz, kialakítva a rizokalin komplexet, ami a gyökérképződmények stimulálásáért felelős.

Hess (1962) a járulékos gyökérképződést befolyásoló legfontosabb vegyületek közül négyféle kofaktort emel ki. Egyiküket izoklorogén-savként azonosították. A másik csoport vegyületei vélhetően oxidált terpenoidok. Heuser és Hess (1972) lipid-szerű gyökeresedést serkentő vegyületről számolt be, amik funkcionális alkohol és nitril csoporttal rendelkeztek. Az 'MM106'-os alma alany esetében a 18 °C-os talpmeleg kezelés hatására a kofaktorok mennyisége jelentősen megemelkedett (Challenger, 1965).

## 1.5 Gyökeresedést gátló anyagok

A nehezen gyökeresedő dugványoknál előfordulhat, hogy természetes gyökeresedést gátló vegyületek jelenléte okozza a járulékos gyökerek képződésének hiányát. A szőlő esetében két inhibitor vegyületet is találtak (Spiegel, 1954), aminek a mennyisége a gyökeresedéssel korrelált. A dugványok vízbe áztatásának hatására a gátló anyagok jelentős része kioldódott, ami a *Vitis vinifera* faj esetében nagyarányú gyökeresedési növekedést eredményezett.

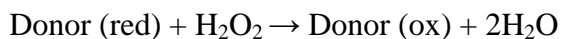
Az *Eucalyptus grandis* adult kori alakja esetében talált gyökeresedést gátló komponenseket a 2,3-dioxadiciklikus dekan természetben előforduló formációiként azonosították, a könnyen gyökeresedő juvenilis formájú alakban a blokkoló vegyületek egyáltalán nem fordultak elő. A *Mirtaceae* családba tartozó *Backhousia citriodora* esetében azt találták, hogy a magas citrál (illóolaj) tartalmú egyedek gyökeresedése gátolt, a fiatalkori alakok inhibitor tartalma szintén jóval alacsonyabb volt, ezért könnyebben gyökeresedtek (Kibbler et al., 2002). *Castanea sativa* fajnál is megfigyelték, hogy a juvenilis és etiolált anyanövényekről szedett dugványok jól gyökeresednek, míg az adult alak nagyon nehezen fejleszt járulékos gyökereket. Két gyökeresedést gátló ellágsav származékot is azonosítottak, amik csak az időskori alakban fordul elő (Vieitez et al., 1987).

Fahéjsav származékok esetében is igazolták, hogy gyökeresedést gátló hatással bírhatnak, a *Chamaelaucium uncinatum* fásdugványainál. A jól gyökeresedő hajtásdugványok esetében az inhibitor vegyületek nem voltak jelen, a fásdugványoknál azonban az összes fenolos alkotó elem felét a gátló fahéjsav származékok adták (Curir et al., 1993). A transz-fahéjsav gátlólag is hathat mind a növekedésre, mind pedig a járulékos gyökérképződésre, ezért bizonyos irodalmi források anti-auxinként is emlegetik (Overbeek et al., 1951). *Pyrus communis* esetében a szalicilsav inhibitor hatását figyelték meg (Leslie és Romani, 1989), ami áttételesen az etilén bioszintézisének gátlásával hathatott a járulékos gyökérképződés folyamatára, ahol a primordiumok kialakulásánál játszik fontos szerepet az előbb említett vegyület.

A gyökeresedés elmaradásaért nem minden esetben az inhibitor vegyületek a felelősek, a gyökeresedési kofaktorok és auxinok hiánya szintén okozhatja a szaporítás eredménytelenségét. Bizonyos vegyületek adott koncentrációban szinergista hatást mutatnak, az optimálisnál nagyobb mennyiségben azonban már károsak is lehetnek a gyökeresedés szempontjából. Ugyanaz a vegyület az egyik faj vagy fajta esetében gátlólag, a másikonál serkentőleg is hathat (Hartmann, 1997).

## 1.6 Az enzimek szerepe a járulékos gyökérképződésben

A peroxidázok protohem csoportot tartalmazó növényi proteinek, amik minden sejtben megtalálhatóak. Az enzim katalógusban donor:hidrogénperoxid-oxireduktáz néven (E.C.1.11.1.7.) szerepelnek. Működésük során különböző elektrondonor vegyületeket oxidálnak, a leggyakrabban elektronakceptor a hidrogén peroxid, de néha oxigén is reakció partner lehet például az indol-3-ecetsav esetében. A reakció általános folyamata a következő (Pethő, 1984):



A hidrogén peroxid képződést is elősegíthetik NADH jelenlétében, a folyamatot monofenolok katalizálják (Szecskó, 2004). Fenolok, indol-3-ecetsav, aszkorbinsav, aminok, citokróm-c, és szervetlen ionok is lehetnek  $\text{H}^+$  donorok. Sok peroxidáz izomer létezik, melyek specifitásukban és a reakció lefolyásában különböznek egymástól (Pethő, 1984).

Számos kutatás növekvő IES oxidáz és peroxidáz enzim (POD) aktivitásról számol be, ami alapvető a primordiumok képződése szempontjából (Foong et al., 1982; Bhattacharya et al., 1980; Moncousin és Gaspar, 1983). Chibbar et al (1979) *Phaseolus mungo* L. hipokotil dugványainak gyökeresedése során mérte a IES oxidáz koncentrációját, vizsgálatai során azt tapasztalta, hogy a kezdeti alacsony aktivitást gyors, négyszeres koncentráció növekedés követte, végül az enzim mennyiség újból gyorsan lecsökkent. Sőt az exogén indol-3-ecetsavval kezelt dugványok esetében még magasabb IES oxidáz enzimkoncentrációt figyelt meg, mint anélkül. A lebontó enzimek nagy arányú koncentráció növekedése felelős a natív auxinszint csökkentésért, ami a primordium képződés szakaszában szükséges is.

Nag et al. (2001) arról számolt be, hogy az IVS-es kezelések hatására a peroxidáz aktivitás megnövekedett, az indukciós szakaszban ez az emelkedés egészen kis mértékű, 10-20 %-os volt, szemben az IES 40-50 % körüli növekedésével. A növekedés az iniciációs szakasz második felében felgyorsult, és a kezeltelen kontrollhoz képest elérte a 200 %-ot is. Eredményei megerősítik az elméletet, ami szerint az exogén módon adagolt auxinok hatására a peroxidáz enzim és a natív auxinszint egyensúlya felbomlik, a megnövekedett gyökeresedést serkentő hormonszinthez csak késleltetve tudja elérni egyensúlyi mennyiségét. Vagyis az IVS-es kezelés hatására megnő a natív auxinszint, amihez arányaiban kisebb volumenű és lassú peroxidáz aktivitás növekedés társul, az exogén auxinos kezelés ezért erősebb gyökeresedési stimulánst ad. Az iniciációs szakaszban pedig felgyorsítja a natív auxinok bomlását. Nag et al. (2002) a gyökeresedés ideje alatt végig magasabb IES koncentrációt mért az IVS-sel kezelt növényeknél a kontrollhoz képest.

Gaspar (1981) kísérletei szerint a gyökérképződés csak azután indul meg, miután az összes peroxidáz tartalom a gyökeresedési zónában elérte a maximumát, és koncentrációja csökkenni kezdett. Eszerint a gyökeresedéshez a peroxidáz szint megemelkedésére, majd gyors csökkenésére van szükség, hogy az indol-3-ecetsav szint le tudjon csökkenni. Az iniciációs szakaszban szükséges (magas) auxinszint a későbbi primordium növekedési szakaszban már gátló, ebben a szakaszban már alacsony natív auxinszintre lenne szükség (Jarvis et al., 1986). A gyökériniciáció után szükség van a hormonszint szabályozására a primordiumok fejlődéséhez.

A peroxidáz enzimek koncentrációjának változását a szilvaalany fásdugványok szaporítási ideje alatt Szecskó (2004) részletesen vizsgálta, 2001/02 telén fokozatos koncentráció növekedésről számolt be a kihajtási időponthoz közeledve mind a 'Marianna GF 8-1', 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2' fajták esetében, októberben alacsony emzimszintet mért. A 2000/01 évben viszont mindhárom fajtánál novemberi és decemberi peroxidáz maximumot talált, amit egy második, kisebb februári maximum követett. Szecskó (2004) vizsgálataiban a két év igen eltérő eredményeket hozott, amiért vélhetően az időjárás lehetett a felelős. Markáns eltérés, hogy az egyik évben ősszel, októberben volt a peroxidáz minimum, a másikban szintén ekkor (novemberben) mérték a maximumot. A dugványok eredése szempontjából az alacsony POD aktivitást találta kedvezőnek (Szecskó 2004).

A 'Dixired' őszibarack fajtánál Kenis (1976) a peroxidáz enzim koncentráció növekedéséről számolt be a nyugalmi időszak vége és a rügy pattanás között, más kutatók is a mélynyugalom végi enzimaktivitás növekedésről számolnak be (Citadin et al., 2001).

Egyes *Prunus* fajoknál a peroxidáz koncentrációt és a peroxidáz enzimek számát magasabbnak találták télen, mint tavasszal (Schmid és Feucht, 1980). Wang et al. (1991) hasonló enzimaktivitás változásról számolt be almaalanyok esetében, amikor a mélynyugalmi periódus értékei meghaladták a rügyduzzadási időszakét. Schaefer (1983) szőlő kísérletében decemberi peroxidáz maximumot mért, alacsonyabb őszi és tavaszi szint mellett. A peroxidázok aktivitása meghatározó jelentőséggel bír a gyökeresedés során, hatását az IES koncentráció szabályozásán keresztül fejti ki (Gaspar, 1981).

A poliamin és diamin oxidáz enzimek aktivitása szintén növekszik az indukciós szakaszban, az előbbi aktivitása a duplájára nőtt az iniciációs szakasz végére (Nag et al., 2001). Ezek az enzimek nyilván a sejtosztódáshoz szükséges aminosav jellegű vegyületek felszabadításában játszanak fontos szerepet. A hidrogén-peroxid szint drasztikus megemelkedését tapasztalták az indukciós szakasz után.

A polifenoloxidáz enzim (PPO) olyan réztartalmú fehérje, ami oxigén felhasználásával különböző fenolos vegyületeket oxidál. A mono- és a difenolok oxidációjára egyaránt képes, a monofenol-oxigenázok reakcióit is katalizálhatja.

Az auxin komplexképzésben fontos szerepet játszó o-difenolokat o-dikinonokká alakítja. A PPO aktivitást főleg a szekunder xilémekben és a belsejtekben, azon belül is főleg a citoplazmában lokalizáltak találták a pisztácia esetében.

Egyes vélemények szerint az auxinos kezelések nem befolyásolták a PPO aktivitását (Al Barazi és Schwabe, 1984). Más források (Rout, 2006) az exogén auxinos (IVS) kezelések meggyőző, 30-40%-os polifenoloxidáz koncentráció növelő hatásáról számoltak be az iniciációs szakaszban (Nag et al., 2002), amikor az összes fenoltartalom a legalacsonyabb volt. A PPO enzim gyökeresedésre gyakorolt hatását áttételesen fejti ki, az auxinokat védő fenolos vegyületeket oxidálja, mennyisége ugrásszerűen megnő az iniciációs szakaszban a peroxidáz szinttel párhuzamosan. Ha áttételesen is, de ez az enzimcsoport is kulcs szerepet tölt be az indol-3-ecetsav szint szabályozásában a járulékos gyökérképződés folyamata alatt. Szecső (2004) szilvaalany fásdugványok gyökeresedésénél kifejezetten a magasabb PPO aktivitást találta kedvezőnek a gyökeresedés szempontjából magas polifenol koncentráció megléte mellett.

## **1.7 A gyökeresedést kísérő általános biokémiai folyamatok**

A dugványok gyökeresedésükhöz energiát és szénforrást igényelnek, aminek a megteremtése sokféleképpen történhet a taxon sajátosságainak és a dugvány jellegének megfelelően. A fászszerű növényeknél hetekig, hónapokig elhúzódik a gyökérképződés, a dugványok ez idő alatt nagy mennyiségű kalluszt képeznek, és a talpi részek igen jelentős tömeggyarapodáson mennek keresztül (Haissig, 1983a; Montain et al., 1983), a sejtosztódáshoz jelentős mennyiségű vizet vesznek fel. A lágyszárú növényeknél a tömeggyarapodás jóval kisebb mértékű a gyors primordium képződés miatt. A gyökeresedés előtti tömeggyarapodás a dugványokra jellemző folyamat (Haissig, 1983a,b; 1984), amit leggyakrabban a respirációs aktivitás növekedése is követ (Oishi et al.; 1978), különösen az auxinnal kezelt dugványok esetében (Strydom és Hartmann, 1960). Ezek energia és szénforrását legnagyobb részben szénhidrátok szolgáltatják, az alternatív energiaforrások, mint például a lipidek mennyisége sokkal kisebb. A gyökeresedés kezdeti szakaszában a keményítóbontó enzimek aktivitása megnő a xilém és a floém sejtjeiben, a keményítő jól oldódó, mobilizálható cukrokká alakul át (Haissig, 1986), és a gyökeresedési zónában halmozódik fel.

Számos kutatás megerősíti, hogy azok a dugványok gyökeresednek a legjobban, amelyek összes nem strukturális szénhidráttartalma az optimális szinthez közelít a szedés pillanatában és a gyökeresedés ideje alatt (Leakey, 1983; Reuveni és Adato, 1974). A megfelelő koncentráció azonban nincs meghatározva, a szakirodalomban számos ellentmondás található a dugványok szénhidráttartalma és gyökeresedési képességének összefüggése kapcsán.

A szaporítóanyag megfelelő szénhidráttartalma önmagában nem elég a sikeres gyökereztetéshez, bár általában javítja a gyökeresedést, hiánya azonban gátló lehet. Sőt egyes vélemények szerint a dugványok összes szénhidráttartalma sokkal inkább a gyökerek növekedése szempontjából lehet fontos, mintsem a gyökér iniciációjánál (Veierskov et al., 1982). Az sem tisztázott egyértelműen, hogy direkt vagy indirekt módon lehet szerepük a gyökeresedésben (Jackson, 1986).

Az auxinok meghatározó szerepet töltenek be a dugványok szénhidrát anyagcseréjének irányításában. A gyökeresedési zóna magas auxinszintje és az exogén auxinos kezelések hatására cukrok (főleg mono- és diszacharidok) mobilizálódnak, és a gyökeresedési helyhez szállítódnak (Patrick és Wareing, 1973 és 1976; Altman et al., 1975; Andersen et al., 1975; Haissig, 1982), ezzel kielégítve a gyökeresedés folyamatának energiaigényét. *Pinus banksiana* dugványoknál a nettó szénhidrát, redukáló cukortartalom és a glükóz koncentráció növekedését írták le a gyökeresedés első 18 napja alatt (Haissig, 1984), a szacharóz esetében a dugványtalpnál gyors kezdeti növekedést tapasztaltak, ami maximumát a hetedik napon érte el, majd lassú csökkenés következett, ugyanakkor a redukáló cukor és a szárazanyag hányadosa szintén lassú csökkenést mutatott.

Az auxinos kezelések egyik következménye a megnövekedett respiráció, ami a szénhidrát tartalékok teljes kimerülését okozhatja (Haissig, 1974; Haissig, 1973a), s ez serkentőszer túladagolás esetén könnyen a dugványok pusztulásához, enyhébb esetben legyengüléséhez vezet. Hartmann (1997) arról számolt be, hogy az IVS-sel kezelt dugványok respirációja a gyökerek megjelenéséig négyszerese volt a kezeletlen kontrollnak.

A járulékos gyökérprimordiumok sejtjei osztódásuk során igen aktív DNS, RNS és fehérjeszintézist folytatnak (Haissig, 1974). Kutatások igazolták, hogy a gyökeresedéshez vezető anyagcsereúthoz specifikus aktív fehérjékre, és az általuk irányított nukleinsav szintézisre van szükség. A gyökeresedési zóna fehérje mintázata mennyiségileg és minőségileg is változik a folyamat alatt (Ebrahimzadeh és Amide, 1980).

Az auxinos kezelésekről bebizonyították, hogy hatással van a nukleinsav és aminosav anyagcserére a gyökeresedés alatt (Haissig, 1974). Tripathi és Schlosser (1979) kísérletében az IES-es kezelések gyökeresedést stimuláltak, és megnövelték a protein és RNS, kisebb mértékben a DNS szintézist. A gombaölőszeres kezelés hatására csökkent a gyökeresedési képesség és ezzel együtt csökkent a nukleinsav és aminosav szintézis is. Ezeknek a vegyületeknek a koncentráció csökkenése nem jelent feltétlen gátlást, a hatás ugyanis sok mindenben múlhat, akár a fajtán, a kezeléseken, és a dugványok jellegén és fiziológiai jellemzőin is (Haissig, 1974). A nukleinsavak és aminosavak szintézisét csökkentő, gátló anyagok és kezelések gyökeresedésre gyakorolt hatásánál sok ellentmondás található a szakirodalomban (Nanda et al., 1982).

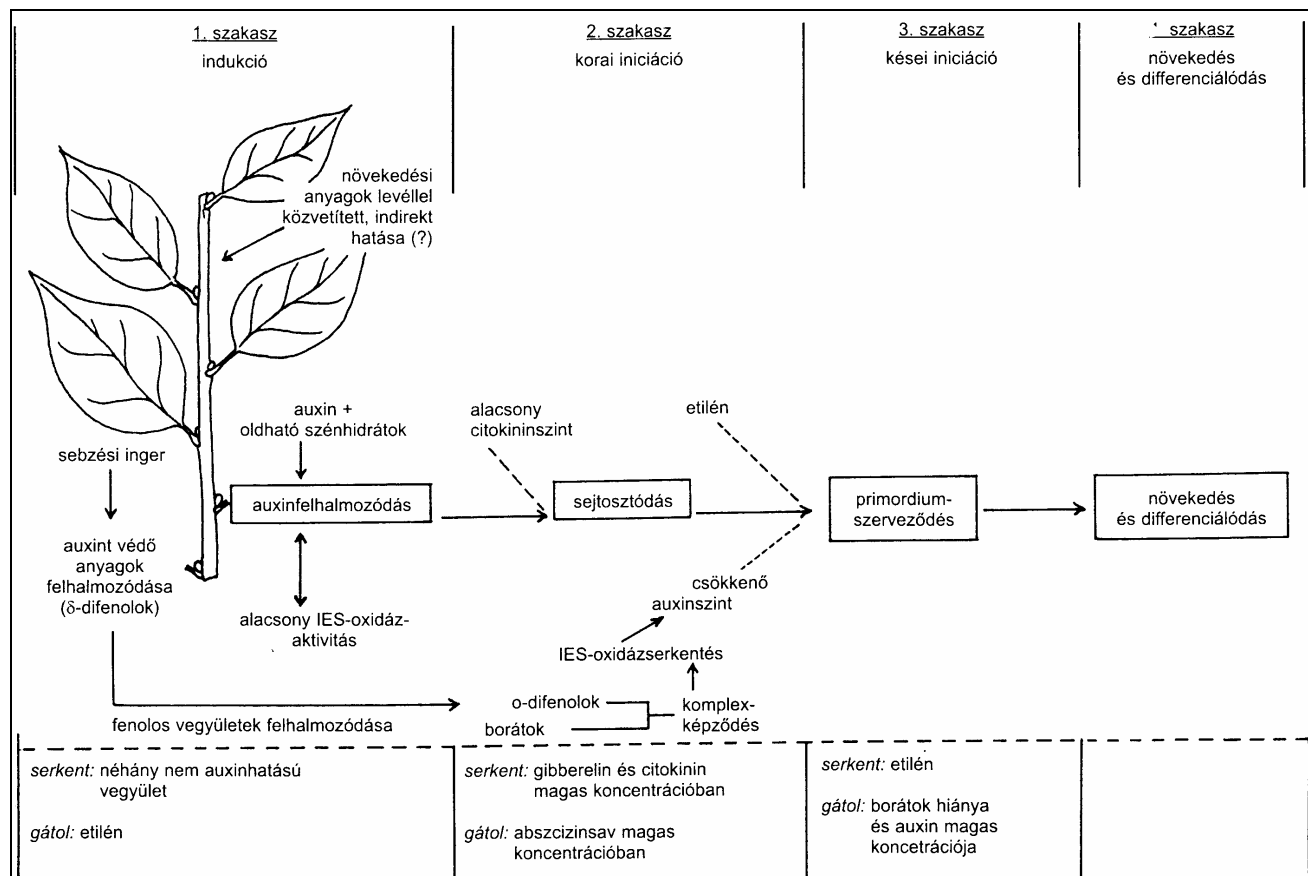
Kantharaj et al. (1979) bab hipokotil esetében az IVS-es kezelést követően 30 perccel fokozódó protein szintézist tapasztalt, az első sejtosztódások megindulása 24 óra múlva következett be. Kísérleteiben cikloheximid vegyülettel sikerült gátolni a fehérjeszintézist, a gátolt proteinszintézisű dugványok az indol-3-vajsavas kezelés ellenére sem gyökeresedtek meg. Jarvis et al. (1983) *Vigna radiata* L. dugványoknál cordycepin kezeléssel gátolta a nukleotid szintézist és a poliadenizációt. Ha cordycepin mellett IVS-esel is kezelte a dugványokat, sikerült felülmúlni a gátló hatást, végül gyökeres növények jelentek meg.

Az iniciációs szakasz osztódási fázisa kezdetén az auxinok szabályzó gyökeresedést serkentő tevékenységüket a proteinszintézis minőségi és mennyiségi megváltoztatásán keresztül fejtik ki (Haissig, 1974). Úgy tűnik, hogy a primordium iniciációhoz növekvő messenger RNS szintézisre van szükség, amit az auxinok szintén stimulálnak. A nukleinsav szintézist gátló vegyületek, mint a kísérleti növényekbe mesterségesen bejuttatott actinomycin D (Kantharaj, 1979), cycloheximid, cordycepin (Jarvis et al., 1983), a sejtosztódás előtti szakaszt megnyújtják és ezzel akadályozzák meg a gyökériniciálisok képződését.

## 1.8 A járulékos gyökérképződés szabályozási folyamatának összefoglalása

A járulékos gyökérképződés egyik legkomplexebb összefoglalása Jarvis (1986) munkájához kötődik. Fontos eleme, hogy mind a négy gyökeresedési stádium kapcsán szemlélteti a dugványokra jellemző hormonális és általános biokémiai folyamatokat egyéb specifikus vegyületek megjelölése mellett (**5. ábra**). Az indukciós és korai iniciációs szakaszokban magas auxinszintre van szükség a gyökeresedési zónában a sejtosztódás beindításához, az azt követő auxin-inaktív szakaszban a magas auxinszint már káros, gátló hatású is lehet.

Az iniciációs szakaszban a fenolos vegyületek mint „auxin protektor” molekulák igen fontos szerephez jutnak az IES oxidáz és peroxidáz enzimek gátlása révén, a sebzési stimulálással hatásuk tovább fokozható. A rizokalin elmélet szerint a gyökeresedési kofaktor vegyületek auxinokkal alkotott komplexei fontos szerepet játszanak az auxin lebontás szabályozásában, mert gyökeresedés stimulálásán kívül az enzimatis bomlás ellen is védelmet nyújtanak. A fenolos vegyületek csoportjába tartozó  $\delta$ -difenol gátolja az IES-oxidáz enzimek működését, vagyis védi az auxinokat, ugyanakkor az o-difenolok borát komplexei növelik, „katalizálják” az IES bontó enzimek aktivitását. A korai iniciációs szakasz végére megnövekedő o-borát komplex jelenléte az auxinszint csökkenése felé hat, amire szükség is van az auxin inaktív gyökeresedési szakaszában, mert a túl magas koncentráció már gátlólag hathat. A fenolos vegyületek igen fontos szerepet töltenek be az auxinszint finom szabályozásában annak ellenére, hogy pontos felépítésüket és hatásmechanizmusukat nem ismerjük.



5. ábra. A járulékos gyökérbépződés folyamatainak időrendi összefoglalása (Jarvis, 1986 és Hrotkó, 1999 alapján)

Az ábrán nem szereplő indol-3-valsavas kezelések hatását a fenolos vegyületek funkcionális szerepéhez lehet hasonlítani. A gyökeresedés kezdeti szakaszában elsősegíti a natív auxinszint megemelkedését, mint védőszubsztrát, vagy a legújabb szemlélet szerint direkt módon is átalakulhat indol-3-ecetsavvá. Hatására jobban megemelkedik az IES oxidáz és peroxidáz enzimek aktivitása a korai iniciációs szakasz végére, ami az inaktív szakaszban a natív auxinszint fogyasztáshoz is hozzájárul. Túladagolása a kelleténél magasabb auxinszint miatt a gyökeresedés gátlását okozhatja, a „túlhajtott”, erősen kalluszosodó dugványok szénhidrát tartalékai idő előtt kimerülhetnek.

A járulékos gyökérbépződés fázisainak biokémiai folyamatai (Jarvis, 1986; Lovell és White, 1986; Hartman et al., 1997; Hrotkó, 1990; Nag et al., 2001) kiegészítve az IVS hatásával (+,-):

1. Indukció (a specializálódott sejtek dedifferenciálódnak, visszanyerik osztódó képességüket, de még nincs sejtosztódás):
  - auxin felhalmozódás a gyökeresedési zónában (+),
  - az auxint védő anyagok felhalmozódása (+),
  - szénhidrát mobilizálódás és felhalmozódás a gyökeresedési zónában (+),
  - aminosavak és nukleinsavak mobilizálódása (+),



- fenolos vegyületek felhalmozódása (+),
  - alacsony IES oxidáz és peroxidáz aktivitás (+),
  - az etilén és a magas citokinin szint gátló hatású (auxin arány növelése).
2. Iniciáció (az osztódóképességüket visszanyert sejtek szerveződés nélküli gyökériniciálisokat hoznak létre):
- nagy auxinigény (korai iniciáció) (+),
  - növekvő IES és polifenol-oxidáz aktivitás (késői iniciációs maximum) (kicsit +),
  - a fenolos vegyületek komplexeket képeznek az auxinokkal (korai iniciáció),
  - csökkenő auxinszint (csökkenés lassítása),
  - az abszcizinsav és etilén serkenti a folyamatot,
  - a magas gibberellin és citokinin szint gátló.
3. primordiumok kialakulása (a gyökériniciálisok szervezettséget mutató primordiumokká alakulnak):
- az IES-oxidáz aktivitás tovább csökken,
  - az etilén serkenti a gyökérképződést,
  - a magas auxinszint gátol (a túladagolás gátlólag hathat).
4. primordiumok növekedése (edénnyaláb-kapcsolatok kialakulása a szár megfelelő elemeivel, a gyökerek megjelenése):
- oldható (mobilizált) szénhidrátra van szükség a gyökérnövekedéshez (a túladagolás a tartalék szénhidrát forrás idő előtti kimerüléséhez vezethet).

## 1.9 A rügyek szerepe a gyökeresedésben

A bizonyított, hogy a rügyek jelenlétének fontos szerepe lehet a dugványok gyökeresedése szempontjából egyes taxonoknál (Knox és Hamilton, 1982), míg másoknál alig, vagy egyáltalán nem (Leakey, 1983; Fischer és Hansen, 1977). Borsó dugványoknál MacDonald (1969) arról számolt be, hogy az iniciációs szakaszban a rügyek és hajtások eltávolítása károsan hatott a járulékos gyökerek képződésére. Knox és Hamilton (1982) az eltávolított rügyeket auxinkezeléssel pótolták, amivel már sikeres gyökeresedést értek el. Arra a következtetésre jutottak, hogy a rügyek talán egyetlen és legfontosabb feladata a folyamat szempontjából a gyökerek fejlődéséhez szükséges auxin ellátás biztosítása.

Több szerző is beszámolt arról, hogy a fiatal magoncokból készített dugványok sziklevelének eltávolítása csökkenti vagy teljesen gátolja a járulékos gyökérképződést (Hartmann et al., 1983; Leakey, 1983; Smith és Wareing, 1972). Auxin hozzáadással azonban az eltávolítás részben pótolható, ami azt jelzi, hogy az említett vegyületcsoport egyike a sziklevelekben termelődő indukciós faktoroknak, Smith és Wareing (1972) más anyagok stimulációs szerepét is elképzelhetőnek tartja. A rizokalin elmélet szerint a rügyekben más nem auxin jellegű gyökeresedés-szinergista vegyületek is termelődnek, a szakirodalomban gyökeresedési kofaktorok néven foglalják össze ezeket az anyagokat. Kémiai értelemben ezek a vegyületek igen különbözőek lehetnek, a megnevezés nem a felépítésükre, hanem a gyökeresedés-szinergista funkcióra utal. Szilva és alma dugványoknál megfigyelték, hogy tél vége felé nő a gyökeresedési készség, közvetlenül a rügypattanás előtt éri el maximumát (Hartmann et al., 1997). A jelenséget a rügyaktivitással és a gyökeresedési kofaktorok jelenlétével magyarázták, mivel a nyugalmi időszak végén gyökeresedést stimuláló anyagokat termelnek a kihajtásra készülő rügyek. Téli, nyugalmi időszakban a rügyek nem aktívak, gyökeresedést serkentő anyagok nem termelődnek, ezért alacsony a gyökeresedési készség. Ahogy nő tavasszal a rügyek aktivitása, úgy párhuzamosan nő a dugványok járulékos gyökérképzési hajlama is. A rügyek a gyökeresedési inhibitor anyagoknak szintézisében is szerepet játszhatnak.

### **1.10 Az anyanövények prekondicionálása**

A megvágott fásdugványok a vesszőben és rügyekben tartalékolt anyagokra utaltak, amíg ki nem alakul a tápanyagok felvételére alkalmas gyökérzet és az asszimiláló felületük. A növényekben lévő tápanyagok, szénhidrátok, hormonok és növekedésszabályozó anyagok mennyisége és összetétele alapvetően befolyásolja a dugvány gyökeresedési és túlélési esélyeit. A kiindulási növényanyag minősége ezért meghatározó a gyökeresedés és eredés szempontjából. A szaporítás során minél nagyobb gyökeresedési ráta elérése a cél, amit az anyanövények megfelelő célirányos kezelésével és ápolásával javítani lehet. Ezeket a beavatkozásokat összefoglaló néven az anyanövények prekondicionálásának nevezzük.

A legjobb gyökerezési hajlammal a juvenilis (fiatalkori) állapotú növényegyedek bírnak, szemben nehezen vagy egyáltalán nem gyökeresedő időskori azaz adult alakokkal. Az anyanövények esetében cél a fiatalkori jelleg fenntartása, amit erőteljes tavaszi metszéssel lehet jól elérni (Howard, 1986). A juvenilis állapotú növények erősen növekednek, vegetatív fázisban vannak, és kedvező szöveti felépítésűek a járulékos gyökérképződés szempontjából az adult vagy generatív fázisban lévő formákkal szemben. Szilvaalanyoknál a sövényforma (**6. ábra**), vagy a T-alakú vázkarok kialakítása kedvez a juvenilis jelleg fennmaradásának, így e szempontból ideálisnak tekinthető.

Nehezen gyökeresedő fajok esetében magoncokról történő dugványozás sikerességéről számoltak be, ami a legjuvenilisebb formája minden növénynek. A mikroszaporítás fiatalító hatását jól ki lehet használni, a dugvány-anyanövényeket amúgyis célszerű vírusmentes mikroszaporított anyagról telepíteni, mivel a mikroszaporított egyedekről szedett dugványok könnyen gyökeresednek.



**6. ábra.** Törzsös sövény 'Myrobalan B' dugvány-anyanövények  
Soroksáron, 2008 november

Az etiolásás, és az árnyékolás hatására megnő a szövetek auxin érzékenysége. A szövetek lazábbak és totipotensebbek lesznek, csökken a ligninek képződése, az árnyékolás az endogén auxinok fotodegradációját is mérsékelheti. Az anyanövények gyűrűzésénél a növényi transzport folyamat megakad, bizonyos ponton feltorlódhatnak a lefelé áramló cukrok, hormonok és egyéb biológiailag aktív anyagok, melyek járulékos gyökérképződést indukálhatnak (Hartmann et al., 1997). A szilva fásdugványok esetében a gyűrűzést Howard és Ridout (1994) eredménytelennek találta, Evert és Smittle (1990) kísérleteiben a gyűrűzés rontotta a dugványok gyökeresedő képességét. Az anyanövények ásványi táplálása is befolyásolja a dugványok gyökeresedését. Abban egyetértenek, hogy a magas szintű N ellátottság hátrányos lehet, csak tavasszal szabad nitrogéntartalmú trágyákat kijuttatni. Megfigyelték, hogy a gyenge nitrogénhiány növelheti a gyökerezési esélyeket. Harmonikus ásványianyag ellátásra kell törekedni, a Ca és K hiány negatívan befolyásolja a gyökérképződést, és a vesszők beérése szempontjából is fontosak. Dugványszedéskor kedvező, ha a növények víztartalma magas, mert a dugványok érzékenyek a dehidratációra, az anyanövények bőséges vízellátása viszont kerülendő, mert túllazult szöveteket eredményezhet, itt is a megfelelő egyensúlyra érdemes törekedni. A fotoperiódus gyökeresedésre gyakorolt hatása áttételesen, a nyugalmi állapot meghatározásán keresztül érvényesül (Andersen, 1986).

## 1.11 A dugványanyag minősége

Howard és Ridout (1991, 1994) átfogó kísérletei szerint a 6-8 mm-es dugványvastagság ideális az eredés szempontjából. A vékonyabb dugványok jobban gyökeresednek, de érzékenyebbek az alapi rothadásra (Hartman, 1997), kiszáradásra, míg a vastagabb dugványok tárolhatóbbak, több szénhidráttartalékkal rendelkeznek (Jackson, 1986). A dugvány hosszát illetően az egyes országokban eltérő szokások alakultak ki, nálunk 20-25 cm-es dugványok használata terjedt el (Hrotkó, 1999).

Howard (1980) az anyanövények törzséről szedett hajtásdugványok jobb gyökerezőképességéről számolt be a koronai hajtásokhoz képest. Szilvaalanyok esetében a vesszők alapi részéből készített ággyűrűs dugványok gyökeresedési képessége nagyobb a rozettában álló rügyek, közeli rügycsoportok miatt. A nádusznál az auxinkoncentráció magasabb lehet (Lovell és White, 1986), és a differenciációs folyamatok is gyorsabbak ezen a részen, a nádusz alatt vágott dugványok nagyobb valószínűséggel képeznek járulékos gyökereket az ízközben metszettekhez képest.

Serkentőszeres kezelés esetén a dugványátmérő egységnyi változásával szemben a serkentőszert felvevő felület négyzetesen változik, vagyis a kisebb dugványok jobban tudják koncentrálni a serkentőszert. A serkentőszer felvétele tovább növelhető a dugványok egynapos tárolásával a serkentés előtt, mert a vízvesztés következtében jobban magukba szívják a kezelőoldatot. A dugványok sebzése szintén javítja a serkentőszer felvételét (Probocskai, 1969). A sebzési inger is szerepet játszik a dugványok gyökeresedésében, a sérült részek fokozott hormon és anyagtranszportja stimulálja a sejtosztódást, ami a gyökérképződés szempontjából előnyös (Hartmann, 1997).

Bevált gyakorlat a héjkéreg hosszanti bemetszése és a héjkéreg lemetszése a dugványtalpnál, ami erősebb sebzési ingert ad, így a dugványok gyökeresedési eredményei javulhatnak (Howard, 1997). A sebzéssel nő a vízfelvevő felület, a gyökeresedést gátló szklerenchima gyűrű átmetszése megkönnyíti a gyökérkezdemények előtörését és növekedését a belső szövetrétegek alól. A szilvaalanyoknál a dugványtalp hosszanti bemetszésének használata elterjedt gyökeresedési százalékot növelő beavatkozás (Sharma és Aier, 1989; Dessy et al., 2004). A hosszanti bemetszés a 'MY-KL-A' szilvaalany dugványok esetében az időzítésnél és serkentőszer mennyiségnél nagyobb hatással volt a gyökeresedésre (Kracikova 1999), ugyanakkor más kísérletekben (Szentannai, 1993) a sebzés nem növelte meg a gyökeresedési eredményeket, nem gyakorolt hatást a járulékos gyökérképződésre.

## 1.12 A dugványszedés időpontja

A fásdugványok a vesszők beérésétől a tavaszi rügyfakadásig szedhetők, ami a magyarországi klimatikus körülmények között a szeptember-március közti időszakra esik (Szecskó, 2004). Az időzítés alapvetően befolyásolja a szilvaalany fásdugványok gyökeresedési esélyeit, az eredés szempontjából a dugvány-anyanövények fiziológiai állapota a meghatározó. Az optimális időpont megállapítására Hartman et al. (1997) számos módszert ír le, ilyen a napfényes órák száma, a rügyfakadástól eltelt idő hossza, indikátor növények használata, azonban az anyanövények morfológiai állapotának figyelése a legelterjedtebb. A dugványszedés optimális időszaka fajonként és fajtánként eltérő specifikus tulajdonság.

Az irodalmi adatok, források egybehangzóan az őszi lombhullás utáni, valamint a télvégi-tavaszi, fakadás előtti időszakot tartják a legeredményesebb fásdugványszedési időpontnak (Jackson, 1986; Hartmann et al., 1997). A legrosszabb gyökeresedésre, esetleges teljes eredménytelenségre a tél közepén lehet számítani, amikor a rügyek mélynyugalmi állapotban vannak. A őszi gyökeresedési maximumot folyamatos csökkenés követi, ami egy téli minimumban végződik, tavasszal újra javuló eredmények várhatóak, a kihajtással egyidőben ismét visszaesik a gyökeresedés. Szilvaalanyok esetében is az őszi és télvégi, kora tavaszi időszak adja a legjobb gyökeresedési eredményt (Erbil, 1997), amit hazai körülmények között Szecskó et al (2002) eredményei is megerősítenek. A szilvaalanyok közül csupán a 'Fehér Besztercei' eredményei eltérőek ettől, ahol sok év átlagában a decemberi időpont volt a legeredményesebb (Szecskó, 2004).

A legtöbb kutató az őszi dugványszedést eredményesebbnek tartja a tavaszinál. Az őszi lombhullást követő szaporítóanyag-szedés esetén a gyökeresedés szempontjából fontos hormonok és tápanyagok jelentős része még a vesszőkben található (Schmidt és Tóth, 1996). Probocskai (1969) szerint az dugványok őszi megvágása előnyös, mert hamar kialakulhat az iniciáció szempontjából fontos auxin gardiens a talpi részben, és a gyökeresedéshez szükséges nem auxin jellegű vegyületek is jelen vannak. Ha a beérett vesszőkből készített szilvaalany-dugványokat ősszel közvetlenül a talajba dugványozzuk, akkor a rendelkezésre álló talajhő kedvező hatását is ki lehet használni a járulékos gyökérképződés szempontjából (Howard, 1987). A szabadföldi magasabb talajhőmérséklet mellett hamarabb végbemegy a járulékos gyökerek indukciója és iniciációja, mint a később szedett vagy kiültetésig hűtőtárolóban tartott dugványok esetében. Guerierro és Loreti (1975) szintén őszi dugványszedés sikerességéről számoltak be, Szecskó et al (2003) kísérleteiben szintén az őszi szedésű dugványok gyökeresedtek a legnagyobb arányban.

Hartmann (1997) szerint a fásdugványról szaporított szilvaalanyok esetében a járulékos gyökérképződési hajlam rügyfakadás előtt éri el a csúcspontját, hazai körülmények között Szecskó (2004) eredményeit alapul véve nagyon ritkán és csak bizonyos fajtáknál fordulhat elő, hogy a tavasszal szedett dugványok jobban gyökeresednek az őszi szedésűeknél. Mediterrán (egyiptomi) klímájú területeken végzett kísérletekben a nyugalmi időszak-végi, januári és februári szedésű szilvaalany fásdugványok gyökeresedési képtelenségéről számoltak be, ugyanakkor az őszi dugványvágási időpontok esetében magas dugványcsemete kihozatali arányt értek el (Abd Alhamed et al., 1993).

Az egyes évjáratok között jelentős különbségek lehetnek. Szecskó (2000) 'MY-KL-A' szilvaalany gyökeresedési kísérleteiben egyik évben tavaszi, a másikban őszi gyökeresedési maximumot tapasztalt. Az 'M 26'os almaalanynál szintén hasonló szezonálisan eltérő gyökeresedési eredményeket írt le Bassuk és Howard (1981).

### **1.13 A dugványok hormonkezelése**

A hormonkezelések célja a dugványok gyökérképződésének serkentése, a gyökeresedési ráta növelése, azonban a kezeléseket csak akkor érdemes végezni, ha a kezeletlen dugványokhoz képest jobb eredményt lehet elérni. A szaporítási gyakorlatban a nagy stabilitású mesterségesen előállított NES (naftil-ecetsav), IVS (indol-3-vajsav) használata terjedt el, a 2,4-D-t és a bomlékony IES-t (indol-3-ecetsavat) csak ritkán használják. Fás szárú növények esetében az IVS használata az eredményesebb és elterjedtebb (Hrotkó, 1999). A hatóanyag a dugványtalpra por és garnulátum formában is felvihető talkum segítségével, illetve szerves oldószerben (alkoholban vagy acetonban) feloldva. Az utóbbi megoldás előnye az egyenletesség szemben a talkumos kezeléssel, ahol a dugványtalpra tapadó serkentőpor vastagsága igen változó lehet, s ez egyenletlen kezelést eredményez, valamint dugványozás során a serkentőszer le is dörzsölődhet.

Szilvaalanyoknál a precízebb adagolhatóság miatt a tömény alkoholos IVS-oldatok használata az általánosan elterjedt (Howard, 1985), a kezeléseket során a dugványok talpi részét néhány másodpercre mártják bele a serkentő oldatba. A serkentőszert a dugványok az alapi részen, szállítónyalábjaikon keresztül veszik fel. Ha nem közvetlenül dugványvágás után, hanem másnap végzik el a kezelést, akkor a párolgási veszteségek miatt a dugványok nagyobb szívóerejével és jobb serkentőszer felvételével kell számolni. Nahlawi és Howard (1972) a serkentés optimális idejét kutatta 'Myrobalan B' szilvaalany fásdugványoknál. Kísérleteik szerint a megvágástól számított 22 órás kezelés bizonyult a legeredményesebbnek (15 °C), a kezelés időpontjáig 10 %-os tömegvesztést okozott a párolgási vízvesztés.

A gyökeresedés serkentéséhez használt optimális IVS koncentrációt illetően sok az ellentmondás. A 2000 ppm-es koncentrációjú indol-vajsav használata az általánosan elterjedt, az időzítés hatását vizsgáló kísérletekben is ezt használják (Nicotra és Damino, 1975; Lemus, 1987; Rana és Chadha, 1992). Egyes vélemények szerint a serkentőszer használata nincs hatással a gyökeresedésre, Tofanelli et al. (2001), és Szecskó et al. (2003) a 'Marianna GF 8-1' szilvaalany esetében erősítette meg ezt a feltételezést. Swedan et al. (1993) az 1000 ppm IVS koncentrációjú kezelést ajánlja az előbb említett 'Marianna' szilva számára.

Mások a magasabb hormonkoncentráció hatásosságáról számoltak be, Kracikova (1996) a 2500 ppm, míg mások a 3000 ppm dózist találták a leghatásosabbnak a szilvaalanyok esetében (Sharma és Aier, 1989; Fontanazza és Ruigini, 1980). Nahlawi és Howard (1969) a 'Myrobalan B' és 'St. Julien A' szilvaalanyoknál az 5000 ppm-es IVS oldattal, a 'Brompton' fajtánál 1250 ppm-es oldattal érte el a legjobb gyökeresedési eredményt. Később viszont a 'Brompton'-nál az 5000 ppm (Nahlawi és Howard, 1973; Macdonald, 1993), 'Myrobalan B'-nél a 2500 ppm-es oldat bizonyult eredményesebbnek (Nahlawi és Howard, 1972; Macdonald, 1993). Érdekes megfigyelés, hogy az utóbbi mirobalan típusú alany gyökeresedési ideje rövidebb volt a *Prunus domestica* típusú 'Brompton' hat hetes gyökeresedéséhez képest (Nahlawi és Howard, 1973). Az optimális serkentőszer koncentráció eltérésnek számos oka lehet, úgy mint a klíma és időjárás különbségei, a szaporítóanyag szedés időpontjának megválasztása.

Nahlawi és Howard (1972) szerint az 50 ppm-es IVS oldat is jó gyökeresedési eredményt ad szilva fásdugványoknál, amennyiben 18 perces „felszívást” alkalmazunk, 5000 ppm-nél viszont már 5 másodperces bemártás is elegendő. Uzunov (1987) 'GF 655/2' alanyon folytatott kísérletében a legkülönbözőbb koncentrációjú IVS, NES és IES oldatok gyökeresedésre gyakorolt hatását próbálta ki. Az 1000 ppm-es IVS-es kezelés adta a legjobb 80,67 %-os eredményt, azonban az 1000 ppm-es NES is hasonlóan jó eredményt produkált.

## 1.14 A tárolás

Az őszi dugványszedés elterjedt szokás az enyhe telű és a tartósan hóval borított éghajlatú területeken. Amennyiben nem sikerül a dugványokat közvetlenül a szedés után kiültetni, úgy tárolni kell őket. A tárolás körülményei hatással vannak a gyökérképződésre, ezért mindig olyan feltételek teremtmése a cél, amik a magasabb gyökeresedési kihozatal irányába mozdítják el a folyamatot. A tároló hőmérséklete, páratartalma, közege és annak levegőözötsége meghatározó a gyökeresedés szempontjából. Fontos a dugványok rügpattanásának megelőzése, mert a túlélési esélyek ilyen esetben erősen romlanak.

A korai kihajtás elkerülésére a dugványokat fejjel lefelé vermelik a Marianna-szilva, birs és mirobalán alanyok esetében (Hrotkó, 1999), esetleg rendszeresen forgatják őket, amivel a hűtőtároló nélkül is késleltethető a *Salix* és *Populus* fajok kihajtása (Schmidt és Tóth, 1996). A jelenség magyarázata, hogy a fordított auxingrádiens kialakulása késlelteti a rügyek kihajtását.

A 0-4,5 °C közti hőmérséklet tekinthető ideálisnak a tárolás során. Az alacsonyabb hőmérsékleten a dugványok élettani folyamatai lassabbak, így tovább tárolhatóak, később fakadnak. 'M 26'-os almaalanyoknál a 4,5 °C polietilén zsákos tárolás hozta a legjobb eredményt az East Mallingi kutatóállomáson.

A dugványok gyökeresedési folyamatait alapvetően a tárolási környezet paraméterei befolyásolják. A szaporítóközeg meghatározza a dugvány vízellátottságát, és a járulékos gyökérképződés stádiumában lévő növényanyag oxigén ellátottságát is befolyásolja. A jó tároló közeg sokáig tartja a nedvességet, de nem nedvesedik túl, a pórustérfogat jelentős részében levegőt tárol, ami kedvezőleg hat a gyökérprimordiumok növekedése szempontjából.

Vízhiányra a dugványok fokozottan érzékenyek, hiszen gyökereik híján csak lassabb folyadékfelvételre képesek, ami gyökeresedés eredményességét befolyásolhatja, bár direkt ok-okozati összefüggést még nem sikerült bizonyítani. A gombás fertőzésekre, rothadásra érzékeny pozsgás növényeknél a vízhiány pozitívan befolyásolja a gyökeresedést, lucfenyő dugványoknál viszont rontotta az eredményeket. A rendelkezésre álló víz mennyisége meghatározza a növényben található oldatok töménységét, ami befolyásolja a hormonális anyagcserét, a szénhidrátok lebomlását, és más növekedésszabályzó anyagok szintézisét, lebontását vagy éppen a hatás erősségét (Haissig, 1986). A fásdugványok érzékenyek a víztartalmuk változására különösen a gyökerek megjelenése előtti időszakban (Howard és Harrison-Murray, 1988). A 'Myrobalan B' alany esetében a vízvesztés negatívan befolyásolja a gyökeresedési eredményeket, az 'M 26' almalany esetében a túlzott vízellátás rontotta a kihozatali arányt.

## 1.15 Talpfűtés alkalmazása

A melegtalp-kezelés jó eszköz lehet a nehezebben gyökeresedő dugványok eredésének javítására, elektromos talpfűtéssel a szaporítóközeg hőmérséklete könnyen szabályozhatóvá válik. Hartmann (1997) a talpmeleg-kezelésnél 18-21 °C-os hőmérsékletet tartja ideálisnak 4 hetes időtartam mellett körte-, alma- és szilvaalanyok számára. Serkentőszerként a 2500-5000 ppm-es IVS-es alkohol oldatos bemártást ajánlja ehhez a technológiához. A melegtalp-kezelés lényege, hogy a dugványok rügyeit hideg körülmények között nyugalmi állapotban tartják, miközben a talpi rész kalluszosdása és gyökériniciációja le tud zajlani. A dugványok tartalék tápanyagai koncentráltan a gyökérkezdemények kialakulásának irányába tudnak mobilizálódni a rügyek kihajtása helyett.



Meleg körülmények között a gyökeresedés folyamata felgyorsul, 3-4 hét alatt lezajlik az, ami a hűtőtárolóban tartott dugványoknál 4 hónapig is eltarthat. A kezelés után a dugványok közvetlen kiültethetőek, vagy pedig 2-4 °C-on tovább tárolhatóak (Hartmann et al., 1997). A meleg körülmények miatt a kezelés ideje alatt a rothadás, a kórokozók, és a dugványok rügyeinek megpattanása is veszélyeztetet. A gyökeresedés stimulálása után a dugványok levehetőek a talpfűtésről, nem szükséges megvárni a gyökerek megjelenését.

Macdonald (1993) a szilvaalanyok számára kifejezetten az alacsonyabb, 15-18 °C -os talpmeleget ajánlja, szemben a más szerzők által ajánlott 20 °C-kal, két-négyhetes kezelési időtartamot javasol. A kezeléseket a 'Brompton' fajtára 5000 ppm IVS oldatba mártással kombinálva írja le, a 'St. Julien GF 655/2' esetében 2500 ppm-t ajánl, a 'Myrobalan B' fajta esetében a direkt kiültetést írja le a talpmeleg-kezelés elhagyása mellett. Az 'MM 106'-os alma alany esetében a 18 °C-os talpmeleg kezelés hatására a gyökeresedési kofaktorok mennyisége jelentősen megemelkedett, a jobb eredés ennek is köszönhető volt (Challenger, 1965).

Dessey et al. (2004) szilvaalanyokon végzett kísérletében a talpkezelés alig észrevehető eltérést gyakorolt a dugványok gyökeresedésére, kismértékű csökkenés és növekedés is előfordult.

## **1.16 A dugványok gyökeresedését befolyásoló fiziológiai tényezők**

### **1.16.1 A nyugalmi állapot és rügynyugalom szerepe a járulékos gyökérképződésben**

Számos kísérlet fókuszált a fásdugványok gyökeresedésének ritmusára, ezek jelentős része az okok felkutatását tűzte ki célul. A rügök nyugalmi állapotát tartják a legmeghatározóbbnak a gyökeresedési eredmények szempontjából. A dugványok nyugalmi állapotának elején és végén megfigyelhető kimagasló gyökeresedési százalékait a nyugalomba vonuló és kihajtani készülő rügök aktivitásával magyarázzák. A rügök fenológiai állapota a növények hormon, szénhidrát és egyéb, a járulékos gyökérképződésre ható vegyületek szintézisét, lebomlási sebességét és mennyiségét is meghatározza, vagyis a fenológiai állapot egyúttal a belső „biokémia környezet” külső lenyomata, megnyilvánulása. A rügök aktivitásának nyugalmi meghatározása nem könnyű feladat.

Általában a mérsékelt övi fásszárú növények a telet lombtalanul, nyugalmi állapotban vészeli át. Lang et al. (1987) nyugalmi állapot definíciója szerint a jelenség nem más, mint a látható növekedés felfüggesztése a merisztematikus szövetekben. A nyugalmi állapot előtt a növényi anyagcsere folyamatok fokozatosan lelassulnak, befejeződik az asszimiláták gyökértranszportja.

Lang et al. (1987) szerint a nyugalmi állapotnak három típusa van:

- mélynyugalom (endodormancy): az adott szöveten belüli fiziológiai tényező váltja ki,
- kényszernyugalom (ecodormancy): környezeti tényezők váltják ki,
- előnyugalom (paradormancy): az adott szöveten kívüli tényező váltja ki.

A növényi mélynyugalom kialakulása a külső körülményektől függő folyamat. A nyugalmi állapot időpontja egzakt mód nem meghatározható, nem mérhető, csupán indikátorok és közvetett módszerek segítségével valószínűsíthető. A rügyek nyugalma, s maga a nyugalmi állapot is viszonylagos, Bubán és Faust (1995) kísérleti eredményei szerint a rügyek télen sincsenek „abszolút” nyugalomban, alma virágrügyekben a primordiumképződés és növekedés ugyan lassan, de folyamatosan zajlik.

A nyugalmi állapot alatt a növényi anyagcsere folyamatok lelassulnak, az osztódó szövetek tevékenysége szünetel, hogy a sejtek károsodás nélkül viseljék el a fagyponthoz alatti hőmérsékletet. A fagy membrán degradációt okozhat a jégkristály képződés révén. A fásszárú növények a fagyponthoz alatti hőmérsékletet fagytürésük révén vészelik át (Láng, 2002), az apoplastban keletkező extracelluláris jégképződés a legelterjedtebb módja a károsodás kivédésének (Palta, 1990a). A hidegstressz a enzimek működését is befolyásolja, serkentheti vagy gátolhatja (Láng, 2002). A tél folyamán a túl magas vagy alacsony hőmérsékletek stresszt jelentenek a nyugalmi állapotban lévő növény számára (Seeley, 1990). A stressz az anyagcserét oxidatív irányban tolja el, így a növény oxidatív stresszben is részesül (Schopfer et al., 2001). Az antioxidáns enzimek (szuperoxid dismutáz, peroxidáz, kataláz) a növényi oxidatív stressz kezelésének fontos eszközei, aktivitásuk a stresszelt növényekben jellemzően magasabb (Láng, 2002). Omran (1977) a hidrogén peroxid IES gátlásáról számolt be *in vitro* kísérletében, a hidrogénperoxid felszaporodása időleges IES inaktiválódást indukált. Az oxidatív stressz ezért a gyökeresedést is befolyásolhatja.

### 1.16.2 Az aktív rügyek irányító szerepe

Az aktív illetve fejlődő rügyekben hormonhatású anyagok termelődnek, a floémán keresztül bazipetálisan áramlanak a dugványtálpba, és ott gyökérképződést indukálnak Hartmann et al., (1997) szerint. Több növényfaj dugványaiban az intenzíven hajtó rügyek gyökérképződést idéznek elő közvetlenül a rügyek alatt, másoknál a rügyek eltávolítása megakadályozza a gyökérképződést (Howard, 1965). A gyökeresedés szempontjából fontos „aktív” rügy állapot csak nyugalmi állapot elején és végén áll fenn. A rügyek nyugalmi állapot előtti aktivitása, anyagcseréje, hormon és gyökeresedési kofaktor termelése egyenletes, közel sem olyan gyors, és növekedő, mint a nyugalom végén.

A vizsgált 'Old Home' körtefajtából gyökeresedést serkentő anyagokat sikerült kivonni, de a mélynyugalom ideje alatt szedett dugványokból ezek a vegyületek hiányoztak (Hartmann et al., 1997). Howard (1980) alma, szilva és körte dugványok rügtelenítéssel vizsgálata során azt tapasztalta, hogy a rügyek tavasszal gyökeresedést serkentő, ősszel gátló anyagokat termelnek. Az 'Old Home' körtealany fajtánál csökkent a gyökeresedési ráta a rügtelenítés hatására, sebkezelés esetén viszont már nem volt statisztikai különbség. Almánál és szilvánál az oldalrügyek szerepe nem meghatározó az időszakos gyökeresedési eredmények szempontjából (Howard, 1980).

A rügyaktivitás fontosságát a járulékos gyökérképződés szempontjából a legtöbb kutatás alátámasztja. Fadl és Hartmann (1967) a teljes vegetációs időben vizsgálta a körte rügyeinek aktivitását, és a hozzájuk tartozó gyökeresedési készséget. Megállapították, hogy amikor a rügyek kihajtási készsége magas volt, akkor volt a legmagasabb a gyökeresedési százalék. A rügtelenített dugványok gyökeresedési eredményei mindig elmaradtak a normálhoz képest. Damavandy-Kozakonane és Grasselly (1972) vizsgálatai pozitív korrelációt mutattak ki a rügynyugalom és a rossz gyökeresedés között a 'GF 677' őszibarack alanyánál. Guerriero és Loreti (1975) őszibarack dugványokkal végzett kísérletükben azt feltételezték, hogy a gyökeresedés nem a vegetatív, hanem a generatív rügyek nyugalomával van összefüggésben, ugyanis a legrosszabb eredményt januárban közvetlenül a virágrügyek kihajtása előtt mérték. Néhány kutatási eredmény azt tükrözi, hogy nincs egyértelmű összefüggés a rügynyugalom és gyökeresedés között (Erez és Yablovitz, 1981; Young és Westwood, 1975).

### 1.16.3 A szilvaalanyok hidegigénye

A hidegigény a tél folyamán kapott hőmérsékleti összeg. A hidegigény és a mélynyugalmi idő hosszában nagy eltérés van a fajok és fajták közt, ami alapvetően befolyásolja a taxonok fenológiai sajátosságait. Tóth és Surányi (1980) a szilvák hidegigényét vizsgálva azt találták, hogy a *Prunus cerasifera* rokonság fokával fordítottan arányos a mélynyugalom hossza. A magyarországi klimatikus körülmények között a cseresznyeszilva már december közepén kényszernyugalmi állapotba kerül, a Besztercei klónok esetében ez december végétől január végéig is eltart (Tóth és Surányi, 1980). Vizsgálataik szerint a 131-146 nap telt el a lombhullástól a fakadásig, a mélynyugalom pedig 46-93 napig tartott.

Az európai szilvák hidegigénye 800-1200 óra 7 °C alatti hőmérsékleten (Szabó, 2001). Észtszországi kísérletekben 94-116 napos hidegigényt állapítottak meg a szilvafajták esetében, az egyik *Prunus insititia* fajta hidegigénye volt a legnagyobb (Yanes és Janes, 1985). Timon (1998) szerint hidegegységösszeg Magyarországon november elseje és február közepe között 930-1176 óra között alakul.

Összefoglalva az irodalmi adatokat megállapítható, hogy a cseresznyeszilva (*Prunus cerasifera*) hidegigénye a legkisebb, ez a faj fejezi be először a nyugalmi időszakot. A nyugalmi időszak vége, a rügpattanás koraisága alapvető fontossággal bír a dugványok eredése szempontjából. Szecskó (2004) a szilva fásdugványok korai rügpattanását kifejezetten károsnak találta, az irodalmi források ugyanakkor a jó gyökeresedést a rügyaktivitással hozzák összefüggésbe (Hartmann, 1997). A fajták hidegigénye meghatározza a dugványszedés időzíthetőségét is. A tavasszal korán fakadó fajták a késői dugványszedésre jóval érzékenyebbek. Szecskó (2004) szerint a kevesebb hidegégységgel szedett dugványoknál nagy valószínűséggel jobb gyökeresedési százalékot lehet elérni, vagyis az őszi dugványszedési időszak biztosabb eredést ad.

## 2. Célkitűzések

Kutatómunkánk során két fő területhez kötődően szerettünk volna eredményeket elérni. A fásdugványozás technológiáját kívántuk fejleszteni, amivel párhuzamosan a dugványok gyökeresedési zónájában végbemenő auxintartalmi változások megfigyelését tűztük ki fő célul. A hagyományos faiskolai szaporítási műveletek és a korszerű laboratóriumi eszközöket és szaktudást igénylő mérések eredményeit szerettük volna úgy ötvözni, hogy a szaporítási gyakorlat számára is jól alkalmazható módszert ajánlhassunk.

### **A technológiai kísérletek során a következő célterületekre koncentráltunk:**

- Különböző típusú szilvaalanyok gyökeresedési eredményeinek értékelése,
- A dugványszedés időzítésének vizsgálata, az optimális szaporítási időszak keresése,
- A különböző töménységű IVS-es kezelések gyökeresedésre való hatásának értékelése,
- A serkentőszeres kezelések szükségességének és dugványokra gyakorolt hatásainak (kalluszosodás, fakadás, nekrózis) értékelése a gyökeresedés eredményessége szempontjából,
- A fajták optimális serkentőszer-koncentrációjának a dugványszedési időpontjának megállapítása,
- A szilvaalany szaporítás melegtalp-kezeléses technológiájának hazai adaptációja, a januári munkaszegény időszak kihasználásának javítása,
- A különböző rügyeket meghagyó önálló vakításos és IVS-es serkentőszerrel kombinált kezeléseknél a rügyek és növekedésszabályzók gyökeresedésre gyakorolt szerepének tisztázása.

### **A gyökeresedési zóna auxintartalmának vizsgálata során a következő célokat tűztük ki:**

- Az anyanövények dugvány-alapanyagot adó vesszők natív auxinszint változásának nyomonkövetése a szaporítási időszak ideje alatt,
- A fajták dugványainak IVS felvételének és lebomlásának mennyiségi vizsgálata,
- A fajták IVS-es kezelésének hatása a gyökeresedési zóna indol-3-ecetsav szintjére,
- A különböző önálló rügyvakításos és serkentőszerrel kombinált kezelések hatása a natív auxinszintre,
  - A meghagyott rügyek helyzetének és számának hatása,
  - Az IVS-es kezelések hatása a részlegesen és teljesen vakított dugványok IES szintjére,
  - A dugványcsúcs IVS-es bemártásának hatását,
- A melegtalp-kezelés hatása a natív auxinszintre,
- A különböző kezelések IES tartalomra gyakorolt hatásának összevetése.

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1 A kísérletek helyszínei

A szabadföldi dugványozásos kísérletünket a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Kísérleti Üzem és Tangazdaságában végeztük. A dugványokat a Gyümölcsstermesztési ágazat dugvány-anyanövény ültetvényében szedtük, a serkentő kezelések után a növényanyagot a helyi hűtőtárolóban tartottuk, és a kiültetés is az ágazat területén történt. A talpmeleg kezeléseket a Dísznövénytermesztési és Faiskolai-ágazat elektromos fűtésű dugványágyain végeztük.

A kísérleti terület éves csapadék mennyisége 580 mm, amiből 300 mm esik a vegetációs időszakba. A területet laza homokos öntéstalajok jellemzik, alacsony szervesanyag tartalommal. A könnyen felmelegedő, nem túl kötött talaj a dugványozás szempontjából előnyösnek mondható.

A laboratóriumi vizsgálatokat a BCE Gyümölcstermő Növények Tanszékén végeztük a HPLC laboratóriumban.

#### 3.2 A gyökeresedési kísérletben szereplő szilvaalany fajták

**Mirobalán szilvák és hibridjeik (*Prunus cerasifera* EHRH. var. *cerasifera* SCHNEID. cv. *myrobalana*)**

**'Myrobalan B':** Az egyik legrégebbi mirobalán klónalany, East-Mallingban szelektálták. Erős növekedésű erélyű, sokáig adja a héját. Fás- és hajtásdugványozással is jól szaporítható. Dugványozásnál a 2500 ppm-es IVS oldattal történő kezelés bizonyult több kísérletben a legeredményesebbnek (Nahlawi és Howard, 1972; Macdonald, 1993).

**'INRA Marianna GF 8-1':** Igen erős növekedésű *Prunus munsoniana* WIGHT & HEDRICK x *Prunus cerasifera* EHRH. Hibrid. A franciaországi Grande Ferrade kutatóállomáson állították elő. Az egyik legjobb szilvaalany, a szemzések jól erednek rajta, és sokáig adja a héját, pozitív tulajdonságaival felülmúlja a többi mirobalán fajtát (Hrotkó, 1999). Erős szerteágazó gyökérrendszert képez (Erdős és Surányi, 1992), fás- és hajtásdugványozással is jól szaporítható.

**'Ishtara':** A Mirobalán és az őszibarack hibridje (P 322 x P 871), a franciaországi Grande Ferrade kutatóállomáson állították elő. Sokoldalú, középerős vagy féltörpe alany japánszilva, szilva, kajszis és őszibarack is szemezhető rá. Fás és hajtásdugványozással is jól szaporítható.

**'MY-BO-1':** A Nyugat-Szlovákiában gyűjtött populációból szelektálták a bajmóci (Bojnice) kutatóintézetben. Középerős, erős növekedési erejű alany, lombja világoszöld. Gyökerei átültetéskor érzékenyek a kiszáradásra. Magról is kiegyenlített állományt ad, hajtás és fásdugványozással is szaporítható.

**'MY-KL-A':** A Klčov (Kulcs) szlovákiai kutatóállomás szelekciója. Vörös levelei és vesszői igen jellegzetesek. Középerős növekedésű szilva- és kajszialany. Hajtás- és fásdugványozással is jól szaporítható, ősszel és tavasszal is jól gyökeresedik. Csemetéi átültetéskor érzékenyek a kiszáradásra, fagytűrő képessége igen jó. Szecskó (2000) 'MY-KL-A' szilvaalany gyökeresedési kísérleteiben egyik évben tavaszi, a másikban őszi gyökeresedési maximumot tapasztalt a fajtánál.

### **Kökényszilva alanyok (*Prunus insititia* JUSL.)**

**'INRA Saint Julien GF 655/2':** Franciaországban szelektált közepes növekedési erejű fás- és zöldugványozással szaporítható klónalany. Sokoldalú alany, mely a szilva, a ringlő, az őszibarack és kajszi fajtákkal is kompatibilis. Csemetéi a kiszáradásra érzékenyek lehetnek, a meszes körülményekhez is jól alkalmazkodik. Szecskó (2004) fásdugványozásos kísérleteiben megbízhatóan gyökeresedett, ősszel rendszeresen 50 % felett volt a gyökeresedési ráta. Uzunov (1987) serkentőszer dózisa irányuló kísérletében az 1000 ppm-es IVS-es bemártást találta a legjobbnak.

### **Háziszilva alanyok (*Prunus domestica* L.)**

**'Fehér besztercei':** A Kertészeti Kutató Intézetben Nagy Pál által tájszelekció során kiválasztott, államilag minősített, középerős növekedésű alanyfajta, amit elsősorban a 'Magyar kajszi' fajtához ajánlanak (Nagy, 1979). A szaporítására régebben csak a zöldugványozást ajánlották (Hrotkó 1999, Nagy 1979). Szecskó (2004) kísérleteiben fásdugványozással 70 % feletti gyökeresedési értéket is el tudott érni 2000 ppm-es IVS-es bemártással, a decemberi szaporítási időpontot találta a legeredményesebbnek. Dugványai gondos ápolást igényelnek, kiszáradásra érzékenyek.

**'Kisnánai lószemű':** A Kertészeti Kutató Intézetben, szintén Nagy Pál által tájszelekcióval begyűjtött, növekedést mérséklő alanyfajta, amit elsősorban a 'Borsi féle kései rózsza' fajtához ajánlanak (Nagy, 1979). Vírusmentes csemetéje nincs forgalomban, hajtásdugványozással szaporítható. A fásdugványozásos szaporításáról nincs fellelhető irodalom, csemetéi érzékenyek a kiszáradásra.

### 3.3 A dugványozás technológiája

Az anyanövényeket 3 m x 0,4 m sor- és tőtávolságra telepítették, és törzsés sövény formára alakították. Kora tavasszal az anyanövények erőteljes metszésben részesültek, hogy erős növekedést és megfelelő minőségű dugványvesszőket produkáljanak.

A különböző fajták dugványait október végétől március elejéig szedték az **1. táblázat** szerint. A 6-9 mm vastag vesszőkből 20 cm-es dugványokat vágunk. A talpi részüket egyenesre vágjuk úgy, hogy az alsó rügy 0,5 cm-nél ne legyen távolabb a vágástól, a felső részt ferdére vágjuk. A dugványok talpi részén 2 cm-es bevágást ejtettünk, sebzési stimulánst szolgáltatva a gyökeresedéshez. Pár órás tárolás után a dugványokat 0, 2000 ppm, 4000 ppm IVS-t tartalmazó 50 %-os alkoholos odatokba mártottuk 3 másodpercre. A serkentőszerezés felszáradása után a növényanyagot kezelésenként külön ládába, nedves perlitbe állítottuk, és 4 °C -on tároltuk a hűtőkamrában a tavaszi kiültetésig.



**7. ábra.** 1. Dugványozás 2007

2. Dugványcsemete kitermelés 2007

3. A kitermelt MY-KL-A csemeték

A kezelésenként 10 dugványt készítettünk, ötszörös ismétléssel. A kiültetés március közepe után történt, ismétlésenként egy hosszú sorba (**7. ábra**), mikor a talaj már elérte a 10 °C hőmérsékletet. A sorokon belül az ültetési sorrendet megváltoztattuk, hogy a területi adottságok hatását minimalizáljuk. A dugványozás előtt a talajt réselővel megnyitották, a dugványozás után a talajt taposással tömörítettük. A dugványokat rendszeresen kb. 10-14 naponta öntöztük a kiültetésüktől egészen az októberi kitermelésig. Az október végi kitermeléssel egyidőben megszámoltuk, hogy hány dugványcsemete eredt meg, a kezelések, fajták, és időpontok gyökeresedési százalékait ebből számoltuk.



**1. táblázat.** A kísérletben szereplő fajták dugványszedési időpontjai

**év / időpont**

2006/07	10.28.	11.08.	11.29.	12.08.	1.22.	02.13.	02.28.	
fajták	<b>1,3,4,5,6</b>							
2007/08	10.31.	11.12.	11.26.	12.13.	01.22.	02.04.	02.21.	
fajták	<b>csak a 2</b>	<b>csak a 2</b>	<b>csak a 2</b>	<b>csak a 2</b>	<b>1,2,3,4 fajták</b>			
2008/09	10.28.	11.12.	11.26.	12.15.	01.19.	02.10.	02.24.	03.11
fajták	<b>1,2,3,4,5,7,8</b>							

A fajták rövidítései: 'Fehér besztercei' 1, 'Kisnánai lószemű' 2, 'St. Julien GF655/2' 3, 'Marianna GF 8-1' 4, 'Myrobalan B' 5, 'MY-KL-A' 6, 'MY-BO-1' 7, 'Ishtara' 8

### 3.4 A melegtalp-kezelés

A talpmeleg-kezelést kapott növényanyag csak a kezelés befejezése után került a hűtőtárolóba a kiültetés időpontjáig. A kezeléseket elektronikusan fűtött melegágyon végeztük, melyre műanyag ládával kerültek a nedves perlitbe állított dugványok (**8. ábra**). 2007/08 telén 18 °C-os talpfűtést alkalmaztunk négy héten át, a dugványoknak csak az alsó 8 cm-része volt a perlitben. A 'Fehér besztercei', 'Kisnánai lószemű', 'St. Julien GF 655/2' és 'Marianna GF 8-1' fajták szerepeltek a gyökeresedési kísérletben, 0, 2000 , 4000 ppm-es IVS oldatokkal kezeltük a szaporítóanyagot. A Hartmann (1997) technológiáját használtuk, amit a következő évben erőteljesen módosítanunk kellett.

2008/09 telén 15 °C-os talpmeleget használtunk, a dugványok csúcsi részének hőmérséklete 3 °C-al volt hidegebb a talpinál. A dugványoknak csak a csúcsi egy cm-es része lógott ki a perlitből (**8. ábra**). A talpmeleget január 19-én reggel indítottuk el, a dugványokat február 9-én szedtük le róla. Ebben a szaporítási időszakban a 'Fehér besztercei', 'Kisnánai lószemű', 'St. Julien GF 655/2', 'Ishtara', 'Myrobalan B', 'MY-BO-1' és 'Marianna GF 8-1' fajták eredését vizsgáltuk a szokásos serkentőszerek koncentrációk esetén. A dugványok alapi és csúcsi részének IES mennyiségét és az IVS lebomlását mértük a tárolás és gyökeresedés ideje alatt.

A 'Marianna GF 8-1' alany esetében a szükséges talpfűtés időtartalmát is vizsgáltuk, egy- (január 26.), kettő- (február 2.), és háromhetes (február 9.) kezeléseket használtunk, 0, 2000 , 4000 ppm-es IVS oldatos bemártás alkalmazása mellett. A dugványok alapi és csúcsi részének IES mennyiségét és az IVS lebomlását mértük a tárolás és gyökeresedés ideje alatt.



**8. ábra.** 1. Nedves perlitbe állított dugványok a hűtőtárolóban  
2. Melegtalp-kezelés 2008, a dugványok felső része kilógott a perlitből  
3. Melegtalp-kezelés 2009, a dugványok a csúcsi részükig a perlitben álltak

A melegtalp-kezelés elindításakor a dugványokat kaptán hatóanyagtartalmú gombaölőszeres oldattal locsoltuk be (Orthocid 3 g/l), az irodalmi források szerint ez a hatóanyag közvetlenül nem befolyásolja (serkenti vagy gátolja) a *Prunus* dugványok gyökeresedő képességét (Hansen et al., 1968), de a fejlődő fiatal gyökerek védelme révén javítja eredési esélyeiket (Van Doesburg, 1962; Wells, 1963). A dugványok hűtőtárolóba helyezésével egy időben az összes perlites ládát belocsoltuk a már említett gombaölőszerez.

### 3.5 A dugványok vakítása

A 2008. november 26-án szedett dugványokon vakításos kísérlet sorozatot végeztünk a 'Marianna GF 8-1' fajtán. Összesen hétféle kezelést alkalmaztunk, a nyolcadik beavatkozásnál pedig a dugványcsúcsok IVS-es serkentését is (F) vizsgáltuk (**2. táblázat**). A dugványt 3 részre osztottuk, az alapi, középső és csúcsi rész rügy-jelenlétének hatását vizsgáltuk. Négyféle vakítást alkalmaztunk (V1, V2, V3, V4), minden esetben csak a táblázatban feltüntetett helyzetű rügyet/rügyeket hagytuk meg (**2. táblázat**). A kombinált kezelések vizsgálatánál B0, B1 kezeléseket alkalmaztunk.

A dugványok vakítását oltókéssel végeztük. A rügyeket kimetszéssel teljesen eltávolítottuk úgy, hogy ne maradjon csonk, hogy a nóduszon, illetve a környékén lévő rejtett rügyek ne hajthassanak ki. A vakítás és esetleges IVS-es serkentés után a növényanyag a hűtőtárolóba került a tavaszi kiültetésig. A dugványok gyökeresedését és kihajtását külön-külön vizsgáltuk. A dugványok alapi, középső és csúcsi részeinek IES mennyiségét és az IVS lebomlását mértük a tárolás és gyökeresedés ideje alatt.

**2. táblázat.** Vakítási kísérlet: vakítási helyek, megmaradó rügyek, IVS-es bemártás helyei a dugványon

	kontrol	V1	V2	V3	V4	B0	B1	F	2000 ppm	4000 ppm
dugvány rész	IVS nélkül					2000ppm IVS			IVS	
csúcs	+	+	—	+	—	—	+	+	+	+
közép	+	—	—	—	—	—	—	+	+	+
talp	+	—	+	+	—	—	—	+	+	+

IVS-es kezelés helye:

vakítás: —

megmaradó rügy helyzete:

+

A dugványcsúcsok 2000 ppm-es IVS-es bemártását a különböző fajokhoz tartozó 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2' és a 'Marianna GF 8-1' fajtákon végeztük 2008 novemberében. A dugványok gyökeresedését és kihajtását külön-külön vizsgáltuk. A dugványok alapi, középső és csúcsi részeinek IES és IVS mennyiségét mértük a tárolás és gyökeresedés ideje alatt.

### 3.6 A dugványzás körülményei, az időjárás

A szabadföldi kísérletek esetében a szaporítási időszak legfontosabb időjárási paramétereit a **melléklet M2 1. ábrája** tartalmazza. A hónapokat középhőmérsékleti, illetve minimum és maximum hőmérsékleti értékekkel jellemeztük a dugványszedés ideje alatt. A 2006/07 év tele az átlagosnál jóval enyhébb és rövidebb volt, márciusra jellemző havi hőmérsékleti átlagot mértek januárban és februárban is. A 2007/08 tél az előző évi télre hasonlított, bár nem volt annyira enyhe és rövid. Mindkét évben a szaporításra alkalmas időszak lerövidülését tapasztaltuk. A 2008/09 tél kevésbé tért el a megszokottól, januárig egy kicsit enyhébb volt az átlagosnál, majd pedig kissé hűvösebb. Ennek az évnek az időjárási nehézségét a nagyon hirtelen jött felmelegedés adta, száraz „nyárszerű” tavasz köszöntött be a fokozatos felmelegedés helyett.

A melegtalp-kezeléseket elektronikusan fűtött melegágyon végeztük, a dugványtalpnál állítottuk be a kívánt hőmérsékletet, az érzékelő kapcsolási tűréshatára 0,5 °C volt. A kísérletet üvegházban végeztük, amikor 10 °C felé emelkedett a hőmérséklet, szellőztettek. A 2007/08 évben a 18 °C kalluszosított dugványok mind elpusztultak, ezért nem közöljük a kezelés külső hőmérsékleti adatait. A 2008/09 évben a dugványok teljes perlit borítást kaptak, éppen csak a csúcsi rész lógott ki. Méréseink szerint 3-4 fokkal volt hűvösebb a csúcsnál a talpi részhez viszonyítva.

### 3.7 Mintaszedési időpontok

A laboratóriumi mintavétel mindig a dugványszedéssel egy időben történt, az **1. táblázatban** szereplő időpontokban. Ősszel és tél végén, tavasszal kéthetente szedtük a mintákat, a nyugalmi időszak közepén ritkábban, 3-4 hetente, mert ebben az időszakban a hormonális folyamatok is lassúak, nem szükséges a gyakori mintavétel. Az utolsó dugványszedés után a mintákat kéthetente szedtük: március II., március III., április II., április III. és május I. dekádjában.

### 3.8 Mintaelőkészítés az auxin meghatározáshoz

A Soroksáron szabadföldön szedett és a hűtőkamrából kivett mintákat (dugványokat) hűtőtáskában szállítottuk a laboratóriumba (Szecskó, 2004 szerint), még aznap feldolgoztuk őket, addigis -20 °C-on tartottuk, hogy a hormonok ne bomoljanak le.

Minden minta három dugványból készült, rügyet tartalmazó 1-1,5 cm hosszú vesszőrészeket tártunk fel kalapácsos roncsolással, ami a lehető leggyorsabb feltárási módszernek bizonyult. A szétroncsolt 1,5-2,5 g-os dugványrészekre tömegmérés után 10 ml -20 °C-os kivonó oldatot tettünk, hogy a hőérzékeny vegyületek minél hamarabb lehűljenek. A kivonó 80 % metanol oldat, ami literenként 100 mg BHT-t tartalmaz (Kim et al., 1992), ami antioxidáns hatása révén védi a hormonokat a lebomlástól. A méréseket hármas ismétléssel végeztük. A minta extrakció egy hétig tartott -20 °C-on, a HPLC-s méréseket két héten belül végeztük, hogy az igen érzékeny hormonok bomlását elkerüljük.

Az egyhetes extrakció után a kivonat 500 µl-hez 300 µl 4 mólos NaOH oldatot adtunk (Sándor et al., 2008), hogy a detektálást zavaró klorofillt eltávolítsuk a mintából. Az így nyert elegyet 100 µl ecetsavval közömbösítettük, hogy elkerüljük a kolonna erózióját. Kivonatunkat 15000 fordulat/perc sebességgel centrifugáltuk, majd a felülúszót Milex SLHN 13 mm 0,45 µm-es szűrőn szűrtük át fecskendővel, és az így nyert oldatot HPLC-vel analizáltuk.

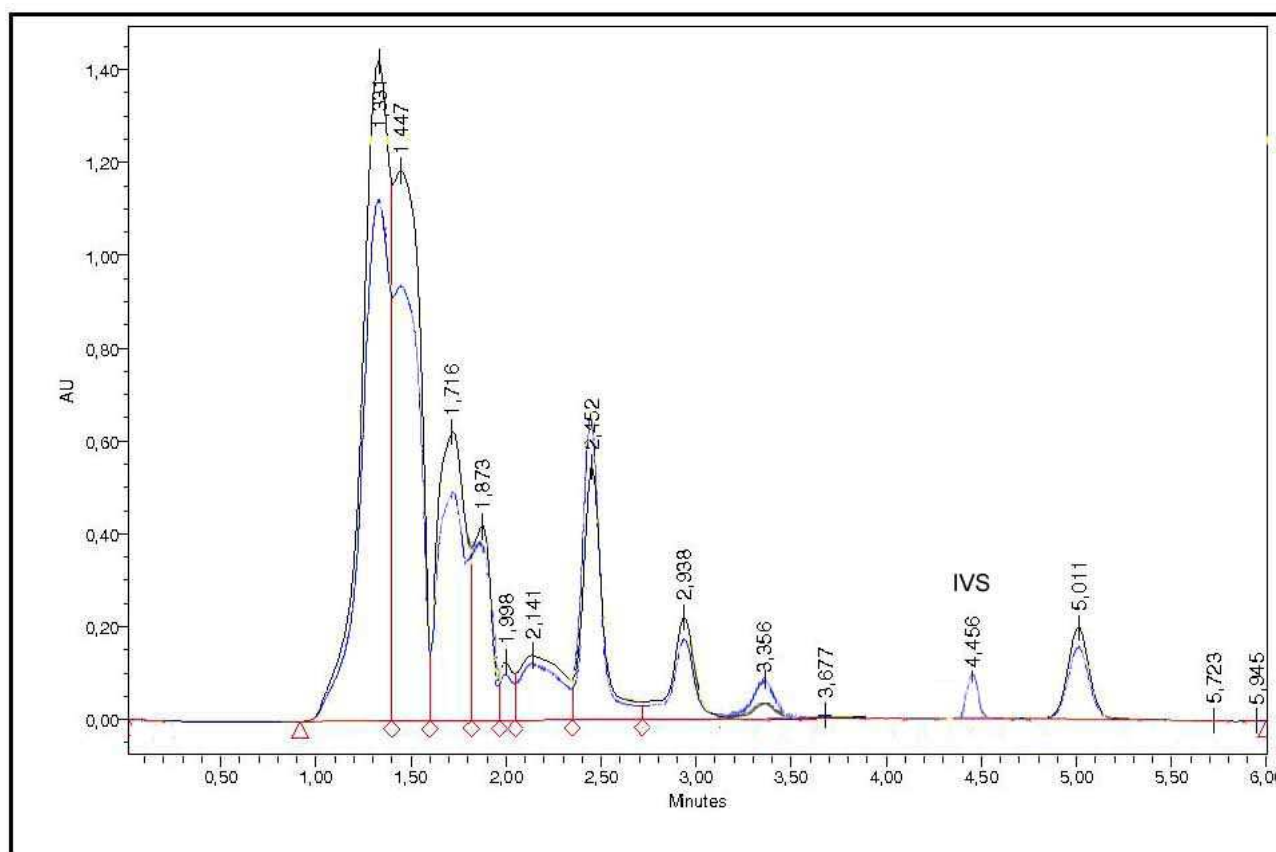
### 3.9 Az auxinok HPLC-s mérésének analitikai körülményei

Méréseinket WATERS típusú 2487 duál detektorral (UV-Vis), 1525 kétsatornás pumpával és 717 plus automata injektorral szerelt HPLC-vel végeztük, a hardvert az EMPOWER™ 2 program vezérelte. A degradációra érzékeny igen kis koncentrációban jelenlévő hormonok mérésére a HPLC szelektív és pontos mennyiségi meghatározást tesz lehetővé (Archibold és Dennis, 1984), ezért is választottuk ezt a mérőműszert kísérletünk során.

Az indol-3-vajsav [133-32-4] meghatározását 2006/07 telén, a minták mérését izokratikus körülmények között végeztük Végvári és László (2004) módszere alapján. A mozgófázist literenként 0,5 ml ecetsavat tartalmazó 60 % metanolos elegy adta. Az elválasztás Symmetry C18-as (5 µm 4,6 x 150 mm) oszloppal történt 20 °C-on, 1 ml/min áramlási sebesség mellett. A nyomás 2300±15 psi volt, minden alkalommal 20 µl mintát injektáltunk. A detektálást a 220 nm-es tartományban végeztük. Az IVS retenciós ideje 4.45 perc volt, a dugványokban nem volt natív indol-3-vajsav, az IVS retenciós idejénél más vegyületek nem jöttek le a mintából (9. ábra), vagyis a mérési módszerünk kellően specifikus, megfelel a szelektivitás követelményének. Egy minta 6 perc alatt futott le.

2008/09 évben az indol-3-ecetsav [87-51-4] mennyiségi meghatározása céljából másik mérési módszert is alkalmaztunk, Trobec (2005) gradiens elúciós módszerét vettük alapul, a minta előkészítésén nem kellett változtatnunk. Az elválasztás szintén a Symmetry C18-as (5  $\mu$ m 4,6 x 150 mm) oszloppal történt, mindig 20  $\mu$ l mintát injektáltunk. A mobil fázisok összetétele a következőképpen alakult A: H<sub>2</sub>O : MeOH : H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 940 : 50 : 1, B: MeOH (tisztá metanol). Az A oldat esetében a gradiens 100 %-ról 10 %-ig lineárisan csökkent 30 percig, majd a következő percben visszaállt a 100 %-os szintre, végül 1 percig vártunk az egyensúly beállításáig, így egy minta lemérése 32 percig tartott. A mintákat 220 és 280 nm tartományban mértük, az eredményeinket 220 nm-en értékeltük. Az áramlási sebesség egy ml/perc volt, a mérés 20 °C-on történt. Az IES retenciós ideje 17,8 perc volt, az IVS 22,45 percnél jött le.

A mérésekhez az eulens készítés során nagy tisztaságú HPLC grade metanolt CAS [67-56-1] és Milli-Q vizet használtunk. A mozgófázis pH beállításához HPLC tisztaságú ecetsavat CAS [64-19-7] és 85%-os foszforsavat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) CAS [7664-38-2] pipettáztunk.



**9. ábra.** Az IVS mérésének kromatogramjai, csak az IVS-esel kezelt dugványokból készített (késsel jelölt) minta tartalmaz indol-3-ecetsavat

### **3.10 A laboratóriumi mérések összefoglalása**

#### **A fajták összehasonlító vizsgálatai**

A 2006/07 telén a 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2', 'Myrobalan B', 'MY-KL-A' és 'Marianna GF 8-1' fajták IVS felvételét és lebontását vizsgáltuk részletesen. A serkentőszerez bemártás napján készített minták IVS koncentrációját azonosnak tekintettük a dugványok maximális IVS felvevő kapacitásával. A dugványokat 7 időpontban szedtük október végétől február végéig (**1. táblázat**). Minden szedési időponttól követtük a fajták teljes IVS lebontását egészen április végéig.

2008/09 szaporítási periódusban vizsgáltuk a fajták indol-3-ecetsav tartalmának változását a dugványszedési időszak ideje alatt. Meghatároztuk az egyes szedési időpontok kiindulási natív auxin koncentrációját.

A 2008. november 26-i és 2009. január 19-i szedésű 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2', 'Marianna GF 8-1' dugványok indol-3-vajsav tartalmát vizsgáltuk a gyökeresedés ideje alatt a serkentőszer teljes lebomlásáig, egyúttal az IES tartalmukat is mértük május első dekádjáig.

#### **Melegtalpas-kísérlet analitikai vizsgálatai**

Kutatásaink közül a 2008/09 év mérési adatait mutatjuk be. A 2009. január 19-ei szedésű 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2', 'Marianna GF 8-1' dugványok talpi és csúcsi részének IES tartalmát mértük a gyökeresedés ideje alatt, majd utána április végéig (a melegtalpon, a hűtőtárolóban és a kiültetés után). Ezzel párhuzamosan a dugványok IVS lebontását is vizsgáltuk mindhárom fajta esetében.

A 'Marianna GF 8-1' alanynál különböző időtartalmú, egy-, két-, háromhetes melegtalp kezeléseket alkalmaztunk, és az előző bekezdésben leírt módon követtük a dugványok IES és IVS tartalmának változásait.

#### **A vakításos kísérlethez kötődő laboratóriumi mérések**

A 2008. november 26-án szedett, és különbözőképpen vakított és IVS-esel kezelt (**2. táblázat**) 'Marianna GF 8-1' dugványoknál az alapi, középső és csúcsi dugványrészek indol-3-ecetsav tartalmát mértük május elejéig. A serkentőszerbe mártott dugványok esetében indol-3-vajsav tartalmát is mértünk.

A 2000 ppm-es IVS-el csúcskezelt dugványoknál a serkentőszer esetleges mobilizációjára is kíváncsiak voltunk, ezért mindhárom vesszőrészben mértük az exogén auxin koncentrációját.

### **3.11 A dugványok fenológia és morfológiai eltérésének vizsgálatai**

Az IVS-es bemártásának hatását a fenológiai folyamatok kapcsán is vizsgáltuk. 2009 telén a kiültetés időpontjában, március 20-án összehasonlítottuk a kiültetésre szánt dugványok fenológiai állapotát. Vizsgáltuk a rügyek kihajtási állapotát, amiből a várható fakadás idejére tudtunk következtetni. Kihajtó rügyekből csak elvétve találtunk egyet-egyet. A rügyek egy részét még fedte a rügypikkely, a másik részüket már nem, láthatóvá vált a zöld rügycsúcs, ezen rügyeket tartalmazó dugványoknak a százalékos arányát számoltuk. A kalluszosodás mértékét is néztük az esetleges primordiumok vagy járulékos gyökerek meglétével. A rügyek pattanása a fakadás időpontját jelzi, a túl korai kihajtás káros lehet, a dugványok kiszáradásához vezethet.

A kalluszosodásnál három csoportot különítettünk el a szabad szemmel láthatóan nem kalluszosodó egyedeken túl. Számoltuk a gyengén kalluszos dugványok számát, a kalluszos egyedekét, és a túl erősen burjánzó felrepedt dugványokat is. Gyengén kalluszosnak vettük azt a dugványt, ami egyrészt nem kalluszosodott körbe a talpán, csak részlegesen, másrészt körbe kalluszosodott, de csak igen kis intenzitással, 1mm-nél kisebb talpi duzzanat látható. A kalluszos csoportba tartozó dugványok talpa körbe kalluszos, és a duzzanat eléri az 1 mm-t. A gyökeresedési eredmények szempontjából a túlzott kalluszosodás, erős repedezettség már káros lehet, a folyamat teljes elmaradása többnyire a gyökeresedés képtelenségét jelzi. Az eredés szempontjából az a kedvező, ha a dugványok gyengén vagy átlagosan kalluszosodnak, talpi részük arányosan vastagszik meg.

A nekrotikus tüneteket is vizsgáltuk, a jelenség csak a 2006/07 év telén fordult elő. Megszámoltuk a nekrotikus dugványokat és kiszámoltuk a szövetelhalásos egyedek arányát. A nekrotikus egyedek száma a fajták IVS érzékenységéről árulkodik. A 2008/09 szaporítási időszakban a talpmelegeren kezelt dugványok talpi részének elhalását mértük mm-ben a dugvány talpi részétől számítva. A dugványok szöveti elhalásának mértékét mintavételi időpontonként rögzítettük. Az egyes időpontokat az átlagos és maximális elhalás mértékével jellemeztük.

### **3.12 Statisztikai elemzés**

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését az SPSS 14.0 programmal végeztük. A függvényillesztésre az SPSS mellett a Microsoft Excell programot is használtuk. Egy- és kétféle variáns variancia analízist végeztünk a Duncan teszt alkalmazásával, az eltérő statisztikai csoportokat más-más betűvel jelöltük. Mindig 5 %-os szignifikancia szinten dolgoztunk. A függvényillesztés esetén a folyamatot leíró modell matematikai képlete mellett az R négyzet értéket is megadtuk, ami a görbe illeszkedésének pontosságát, a modell „jóságát” jelzi.

A fásdugványok éves gyökeresedési átlagainál azokat az időpontokat, ahol egyik fajtának sem volt eredése, nem vettük figyelembe.

## 4. Eredmények

### 4.1 A vizsgált szilvaalany fajták gyökeresedési képessége

#### 4.1.1 A vizsgált szilvaalanyok fásdugványainak maximális gyökeresedési képessége

A szilva fásdugványok vizsgálatainkban megfigyelt legnagyobb gyökeresedési képességeit a vizsgált évek, fajták és indol-3-vajsavas kezelések maximumaival mutatjuk be a legsikeresebb dugványszedési időpontok feltüntetésével párhuzamosan (**3. és 4. táblázat**).

**3. táblázat.** A fásdugványok gyökeresedési maximumai (kezelésenként, évenként, fajtánként, az időpontjaik megadásával)

Alany	év	kontrol			2000 ppm IVS			4000 ppm IVS		
		%	stat.	dátum	%	stat.	dátum	%	stat.	dátum
Marianna GF 8-1	2006/2007	72	d	okt. III.	91	e	nov. I.	81	de	nov. I.
	2008/2009	39	bc	nov. III.	55	c	nov. I.	46	c	okt. III.
Myrobalan B	2006/2007	69	d	dec. II.	72	d	nov. I.	62	cd	okt. III.
	2008/2009	44	c	nov. III.	46	c	nov. I.	42	bc	okt. III.
St. Julien GF 655/2	2006/2007	78	d	nov. III.	70	d	okt. III.	67	d	okt. III.
	2008/2009	44	c	nov. I.	37	bc	okt. III.	27	b	okt. III.
Fehér besztercei	2006/2007	0	a		22	b	nov. I.	43	bc	nov. I.
	2008/2009	0	a		19	b	nov. III.	26	b	nov. III.
Kisnánai lószemű	2007/2008	0	a		2	a	nov. I.	0	a	
	2008/2009	0	a		1	a	nov. I.	0	a	

Az egyes adatok melletti különböző betűk a statisztikailag (stat.) igazolható csoportokat jelölik RSD=5%-os valószínűségi szintnél. A kisbetűk az IVS kezelések átlagának statisztikai különbségeit jelzik, az adott vizsgálati éven belül.

Az **3. táblázat**ban szereplő fajtákat két éven át vizsgáltuk. A 2006/07 évi fásdugványozási időszak gyökeresedési százaléakai magasabbak voltak a 2008/09 évinél. A 2006/07 év klimatikus körülményei sokkal kedvezőbbek voltak a fásdugványozás szempontjából. A 'Kisnánai lószemű' fajta gyökeresedési eredményei évjárathatástól függetlenül nagyon gyengék voltak, egy-egy dugvány maradt meg csak véletlenszerűen. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy ez a fajta fásdugványozással nem szaporítható, mert rossz a gyökeresedési készsége.

A többéves kutatásban szereplő fajták közül gyökeresedési képesség szempontjából a 'Fehér besztercei' fajta maximális gyökeresedési százaléka jóval alacsonyabb volt mint a legjobban eredő 'Marianna GF 8-1' fajta 91 %-a. Szecső et al. (2004) kísérleleit szintén a Soroksári Tangazdaságban folytatta az általunk is használt technológiával, négy év átlagában a 'Fehér besztercei' fajta 58,05 %-os eredési átlagot produkált, sőt két évben a 70 %-ot meghaladta a gyökeresedése. Ez azt jelenti, hogy az általunk vizsgált évek adottságai nem kedveztek a fajta szaporításának, illetve, hogy a mirobalán típusú alanyokhoz képest sokkal érzékenyebb az időjárási körülményekre.



Szecsó (2004) kísérleteiben négy év átlagában nem szerepelt rosszabbul a 'Marianna GF 8-1' fajtánál. Az évjáráthatásra, az időjárási körülmények változására a *Prunus insititia* JUSL. fajhoz tartozó 'St. Julien GF 655/2' fajtát is érzékenynek találtuk, 2006/07 évben 78 %-os eredési maximumot értünk el szemben a 2008/09 téli 44 %-kal. Szecsó (2004) szintén ingadozó eredményekről számolt be. A mirobalán típusú fajták az utolsó kísérleti évben statisztikailag egyformán eredményesen szerepeltek, gyökeresedésük meghaladták a 40%-ot.

**4. táblázat.** A fásdugványok gyökeresedési maximumai (kezelésenként, fajtánként, az időpontok megadásával)

Alany	év	kontrol			2000 ppm IVS			4000 ppm IVS		
		%	stat.	dátum	%	stat.	dátum	%	stat.	dátum
MY-KL-A	2006/2007	78	d	okt. III.	62	cd	dec. II.	69	d	dec. II.
MY-BO-1	2008/2009	40	bc	nov. III.	45	c	nov. III.	52	c	okt. III.
Ishtara	2008/2009	42	a	nov. III.	51	a	nov. I.	54	a	okt. III.

Az egyes adatok melletti különböző betűk a statisztikailag igazolható csoportokat jelölik RSD=5%-os valószínűségi szintnél. A kisbetűk az IVS kezelések statisztikai különbségeit jelzik, az adott vizsgálati éven belül.

Ha gyökeresedési eredmények maximumait nézzük a mirobalán típusú alanyoknál, a különböző indol-3-vajsavas kezelések nem, vagy csak alig okoznak eltérést. A 'MY-KL-A' alany esetében a kontroll 78 %-os, a 4000 ppm 69 %-os gyökeres dugványt eredményezett, amittől 62 %-os gyökeresedést okozó 2000 ppm-es kezelés statisztikailag csak részben tért el. A 'St. Julien GF 655/2' alany esetében a kedvező 2006/07 év esetében nem volt kimutatható eltérés, viszont a jóval kedvezőtlenebb 2008/09 tél hatására a kezelések különbségei jobban megmutatkoztak. A kezeletlen kontroll 47%-os eredése már eltért a 4000 ppm-es IVS-esel kezelt dugványok 27 %-ától. A 'Fehér besztercei' fajta esetében szükség van IVS-es serkentésre a dugványok gyökeresedéséhez.

Ha a gyökeresedési eredmények maximumait nézzük a serkentőszer koncentráció függvényében, az előbb említett fajta kivételével nem látszanak, kissé elmosódnak a kezelések különbségei.

#### 4.1.2 Az indol-3-vajsavas kezelések hatása a gyökeresedésre

A serkentőszeres kezelések gyökeresedésre gyakorolt hatását fajtánként és időpontként a **melléklet M2 1. táblázata** foglalja össze, egyúttal a statisztikai különbségeket is prezentálja. A 2006/07 és 2008/09 évek gyökeresedési eredményeit kezelésenként a **10. ábra** jeleníti meg.

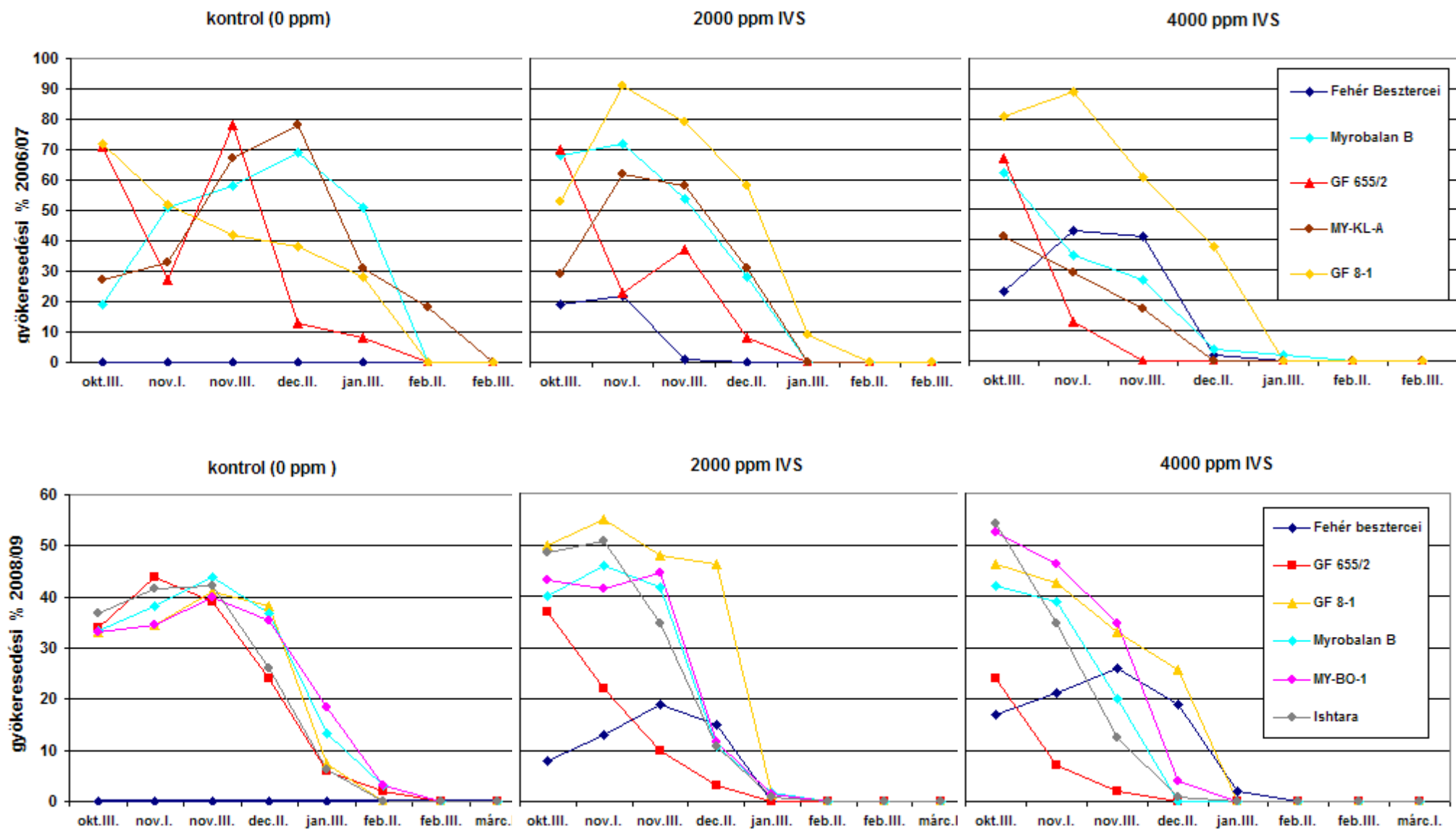
Ha csak a **3.** és a **4. táblázatokban** szereplő gyökeresedési maximumokat nézzük, úgy tűnhet, hogy az IVS-es kezelések alig okoznak lényeges változást a gyökeresedés szempontjából. Azért, hogy a különbségeket markánsabban meg tudjuk jeleníteni, a kezelések hatásánál még két paramétert érdemes figyelembe venni. Az egyik az átlagos gyökeresedési képesség, amit az időpontok gyökeresedési százalékaiknak átlagolásával kaptunk meg. A másik, talán még ennél is informatívabb mutató a 40 %-os gyökeresedési eredményt meghaladó alkalmak száma (**melléklet M2 1. táblázat**).

A 'Fehér besztercei' fajta esetében a kezeltelen dugványok szignifikánsan rosszabban szerepeltek a kezelések eredményeihez képest, viszont a 4000 ppm-es IVS-es serkentés nem különült el statisztikailag az alacsonyabb 2000 ppm-es dózistól. Ha a 40 % feletti gyökeresedések számát nézzük, jól látszik, hogy a 4000 ppm-es kezelésre szükség volt a szaporodási határérték átlépéséhez. A 'Fehér besztercei' fajta esetében ezt a dózist tartjuk a legkedvezőbbnek.

A 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében mindkét évben gyökeresedési átlagok és a 40%-ot meghaladó alkalmak száma alapján is a serkentőszert nem tartalmazó kontroll kezelés volt a legeredményesebb. Eredményeinkből jól látszik, hogy ez a fajta igen érzékenyen reagált az IVS-es kezelésekre, a 2008/09 évben a kontroll kezelések eredési átlaga 25 % volt, a 2000 ppm-es serkentés csupán 12 %-os, a 4000 ppm-es átlagosan csak 6 %-os szaporítási kihozattal eredményezett. A serkentőszerre való érzékenysége miatt ennél a fajtánál a kezelések teljes elhagyása ajánlható, a 2000 ppm-es kezelés az október végi november eleji időszakban szintén eredményes lehet, nagyarányú gyökeresedést indukálhat.

A mirobalán típusú alanyok közül a 'Marianna GF 8-1' alany esetében mindkét évben a 2000 ppm-es kezelés adta a legjobb eredményt, bár 2006/07 telén a gyökeresedési átlagok és a jól gyökeresedő alkalmak számai alapján sem volt statisztikai különbség (**Melléklet M2 1. táblázat**). A 2008/09 tél dugvány eredési alkalmi között már nagy eltérés volt, a kontroll egy, a 4000 ppm-es kettő, a 2000 ppm-es indol-3-vajsavas kezelés pedig, négy alkalommal haladta meg a 40 %-os gyökeresedési rátát.

A 'MY-KL-A' fajta szintén érzékenyen reagál az indol-vajsavas kezelésekre, a kontrol 42,3 %-os átlagos eredést hozott szemben a 2000 ppm-es IVS-es kezelés 30 %-ával és a 4000 ppm 14,3 %-ával. A kezelések teljes elhagyását javasoljuk ennél a fajtánál, amit november után feltétlenül érdemes betartani. A 'MY-BO-1' fajta esetében az eredési átlagok alapján a kontrol 27 %-a volt a legjobb, ha a 40 % feletti eredések alkalmainak számát nézzük, akkor már szignifikánsan a 2000 ppm-es IVS-es kezelés volt a legeredményesebb három időpontjával, a gyökeresedési maximumot pedig a 4000 ppm-es kezelés október végi időpontja adta.



10. ábra. A különböző töménységű IVS oldatokba mártott dugványok gyökeresedési eredményei (%) 2006/07 és 2008/09 telén

A legtöbb fajtánál mindhárom kezeléssel jó eredést tudtunk elérni, viszont az időzítésnek nagy hatása volt a gyökeresedésre, amit érdemes a szaporítási technológia tervezésénél figyelembe venni. Az 'Ishtara' esetében a 2000 ppm-es (24 %) IVS és a kontroll (26 %) kezelések eredményezték a legjobb gyökeresedési kihozataalt, a 4000 ppm (17 %) október végén szintén kiváló, 54 %-os eredést adott. Itt is az időponthoz igazodó IVS koncentráció ajánlható a maximális gyökeresedési eredmény érdekében.

#### 4.1.3 A dugványszedés időpontjának hatása a gyökeresedésre

Az **10. ábra** mutatja az egyes dugványszedési időpontok dugványkihozatali értékeit, a **melléklet M2 1. táblázata** tartalmazza a hozzájuk tartozó statisztikai értékelést. Összesen három telet vizsgáltunk, kettőt részletesen októbertől márciusig (2006/07, 2008/09), a 2007/2008-as telet részlegesen januártól februárig. Ebben az évben nem volt elég dugvány az egész éves kísérlet lefolytatásához, ezért csak január végén és februárban két alkalommal szedtünk dugványokat, közülük egy sem gyökeresedett meg szemben az október végi kontrolljaikkal. Mindhárom vizsgált évben a tél végi dugványozási időszak eredménytelenségét tapasztaltuk, pedig a szakirodalmi források szerint a tél végi időszak jó gyökeresedési eredményeket ad, a télközépi minimum után újra megnő a gyökeresedési képesség (Erbil 1997), sőt Hartmann (1997) szerint a dugványok gyökeresedési affinitása közvetlenül fakadás előtt a legnagyobb. Szecskó (2004) azonos helyszínen és technológiával végzett kísérleti eredményei folyamatos gyökeresedésről számolnak be a dugványozási időszak teljes ideje alatt, csupán az eredési százalékok változnak, ez teljesen ellentmond az általunk tapasztalt télvégi, februári eredményeknek (**11. ábra**).

A három év alatt a vizsgált szilvaalany fajták dugványai ebben az időszakban nem gyökeresedtek, úgy gondoljuk ennek elsősorban időjárási okai vannak. A 2006/07, 2007/08 évi telek rövidek és enyhék voltak, a gyorsan jött tavasz okozta a második, nyugalmi időszak végi gyökeresedési maximum elmaradását. Erős „mediterrán” hatás volt érezhető (**melléklet M2 1. ábra**), ami a gyökeresedési időszak lerövidüléséhez vezetett, gyakorlatilag a télvégi hideg okozta kényszernyugalmi időszak elmaradt. A 2008/09 tél ugyan nem volt olyan enyhe, hideg periódust is hozott, viszont a tavasz rendkívül száraz volt, ami érzékenyen érintette a gyökeresedő dugványokat. Csak a már előrehaladt gyökeresedési szakaszban lévő (őszi szedésű) dugványok tudtak meggyökeresedni, a télvégi szedésűek nem.

A gyökeresedési periódus lerövidülését tapasztaltuk a vizsgált években, ami minden fajtát érintett. Szecskó (2004) kísérleteiben 4 évet vizsgált, februárban és március elején is volt gyökeresedés a 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2' és 'Marianna GF 8-1' fajtáknál, ez a mi kísérletünkben teljesen elmaradt.

Decembertől a gyökeresedési százalékok drasztikus csökkenést tapasztaltunk (3. és 4. táblázatok). A 'Fehér besztercei' fajta esetében mindkét évben a novemberi időszak volt a legsikeresebb. Szecskó (2004) 5 éves kísérleteiben a fajta a többi alanytól eltérően a decemberi időszakban szerepelt a legjobban, úgy gondoljuk a gyökeresedési időszak időjárás okozta rövidülése miatt tapasztaltuk a fajta novemberi eredési maximumát (43 %, 4000 ppm IVS) 2006/07 november I. dekádjában. A 'Marianna GF 8-1' fajta októbertől december végéig gyökeresedett a legjobban, utána gyorsan romlottak az eredmények, amit Szecskó et al. 2004 eredményei is megerősítenek. A 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében Szecskó és munkatársai januári gyökeresedési minimumot tapasztaltak egy nagyon erős őszi (54 %) és egy gyengébb koratavaszi maximum (28 %) között. Kísérletünk során a vizsgált három év alatt tavaszi gyökeresedést és eredést egyáltalán nem tapasztaltunk ennél a fajtánál.

#### **4.1.4 A dugványszedési időpont és kezelések együttes hatása**

A kutatások többsége a helyes dugványozási időpont meghatározására koncentrál (Erbil, 1997), az időzítést sokan fontosabbnak tartják a gyökeresedés szempontjából (Szecskó, 2004), mint az alkalmazott IVS koncentrációt. Szerintük a serkentőszeres kezelés hatása kevésbé jelentős a gyökeresedési eredmények szempontjából az időzítéshez képest, van olyan kutató is, aki szerint a serkentőszereknek nincs is hatása a gyökeresedésre (Tofanelli et al., 2001). A dugványszedési időpont az, ami alapvetően meghatározza a gyökeresedési potenciált, amin a kezelések esetleg kis mértékben változtatnak, a nem megfelelő kezelések ronthatnak. A vizsgálatok másik része ezért az optimális serkentőszer keresésére koncentrál.

Az időzítés és serkentés együttes hatásával nagyon kevés kutatás foglalkozik. Pedig ha maximális gyökeresedést szeretnénk elérni, mindkét paraméterre oda kell figyelnünk. Kísérletünkben ezért kiemelten fókuszáltunk erre a területre. Véleményünk szerint az időzítés és optimális hormonkoncentráció szisztematikus, együttes vizsgálatának hiánya lehet az egyik oka a szakirodalomban található rengeteg ellentmondásos adatnak a serkentőszer optimális koncentrációját illetően. Például a 'Marianna GF 8-1' szilvaalany dugványainál nem talált szignifikáns különbséget az egyes serkentőszer koncentrációk gyökeresedésre gyakorolt hatásai között (Szecskó et al., 2003), Sweden et al. (1993) 1000 ppm-es IVS dózist ajánl, más szerzők a szilvaalanyoknál a 2000 ppm-es serkentőszer koncentrációt javasolják (Lemus 1987), sőt egyesek ennél is magasabb 2500 ppm-es (Kracikova, 1996) és 3000 ppm-es (Sharma és Aeir, 1989) koncentrációt tartják a leghatásosabbnak. Eredményeink szerint az optimális koncentráció a szaporítási időszak ideje alatt változik, ezért lehetséges, hogy a különböző kutatócsoportok más és más dózist ajánlanak a fajták számára.

Úgy találtuk, hogy az időpont hatása az erősebb, a februári időpont nem kedvezett a dugványok gyökeresedésének, amin a serkentőszerek kezelése sem tudtak változtatni. A dugványozásra alkalmas időpontokban a serkentőszer koncentrációja komoly befolyással bírt a gyökeresedési eredményekre. A vizsgált években a magas 4000 ppm-es IVS koncentráció a gyökeresedési periódus rövidüléséhez vezetett, a 2000 ppm-es kezelések rövidítő hatása már kevésbé volt markáns. Az IVS-es serkentésre érzékenyen reagáló 'MY-KL-A' esetében az 2006/07 telén a 4000 ppm-el kezelt dugványok november III. dekádja után már nem fejlesztettek járulékos gyökereket, a 2000 ppm-es kezelésnél december II. dekádja volt az utolsó eredményes időpont, a kezeletlen kontrolloknál pedig még február II. dekádjában is 18 %-os gyökeresedést számoltunk. Fontos megállapítás, hogy a fajták többségénél, az indol-3-vajsavas serkentést igénylő 'Fehér besztecei' fajta kivételével, az IVS hatására lerövidült a gyökeresedési időszak. A magasabb koncentrációjú 4000 ppm-es bemártás csökkentette legdrasztikusabban a szaporítási időszakot, január, február hónapokban a dugványok pusztulását redeményezte.

**5. táblázat.** Az IVS-es kezelések sorrendjének értékelése a dugványszedési időpontokban a 2006/07 tél gyökeresedési eredményei (%) alapján

IVS							
kezelés/dugványszedés							
Hónap, dekád	okt.III.	nov.I.	nov.III.	dec.II.	jan.III.	feb.II.	feb.III.
a legeredményesebb kezelés	4000 ppm	2000 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
és a hozzá tartozó átlag	54,8 c	53,8 c	49,1 c	39,8 b	23,7 b	3,4 a	0,0 a
a második legjobb kezelés	2000 ppm	4000 ppm	2000 ppm	2000 ppm	2000 ppm	2000 ppm	2000 ppm
és a hozzá tartozó átlag	47,8 c	41,8 c	45,8 c	25,2 b	1,6 a	0,0 a	0,0 a
a legrosszabb kezelés	0 ppm	0 ppm	4000 ppm	4000 ppm	4000 ppm	4000 ppm	4000 ppm
és a hozzá tartozó átlag	38,0 c	32,8 bc	29,4 b	9,2 ab	0,2 a	0,0 a	0,0 a
átlag	46,9 C	42,8 C	41,4 C	24,7 B	8,5 AB	1,1 A	0,0 A

Az eredményeket a következő fajták átlagai adták: 'Fehér besztecei', 'St. Julien GF 655/2', 'Marianna GF 8-1', 'Myrobalan B', 'MY-KL-A'

A fajták többségére igaz, hogy a kezdeti október végi dugványszedési időpontban a magasabb 4000 ppm-es IVS koncentráció adja a legjobb eredményt (**5., 6. táblázatok**), később a 2000 ppm-es kezelés jó választásnak bizonyult, decembertől viszont már a kezeletlen kontrollt találtuk a legeredményesebbnek, ezzel párhuzamosan a kezelt dugványok gyökeresedési eredményei drasztikusan romlottak. Eredményeink alapján a szilvaalany fásdugványok serkentésére magasabb, 4000 ppm-es hormonkoncentráció is használható, novemberben nagy valószínűséggel már a 2000 ppm adja a legjobb eredményt, utána már nem érdemes serkenteni a dugványokat.

Szecső (2004) adatai megerősítik ezt a javaslatot, miszerint decembertől a hormonkezelés elhagyása nem vezet a gyökeresedési százalékok szignifikáns csökkenéséhez, bár 'Marianna GF 8-1' fajtánál a hormonkezelések nem csökkentették szignifikánsan az eredést, az érzékeny 'St. Julien GF 655/2'-nél viszont már igen.

**6. táblázat.** Az IVS-es kezelések sorrendjének értékelése a dugványszedési időpontokban a 2008/09 tél gyökeresedési eredményei (%) alapján

IVS							
kezelés/dugványszedés							
Hónap, dekád	okt.III.	nov.I.	nov.III.	dec.II.	jan.III.	feb.II.,III.	márc.I.
a legeredményesebb kezelés	4000 ppm	2000 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
és a hozzá tartozó átlag	33,7 b	32,7 b	29,2 b	22,9 b	7,9 ab	0,0 a	0,0 a
a második legjobb kezelés	2000 ppm	0 ppm	2000 ppm	2000 ppm	2000 ppm	2000 ppm	2000 ppm
és a hozzá tartozó átlag	32,4 b	27,6 b	28,2 b	13,9 ab	0,8 a	0,0 a	0,0 a
a legrosszabb kezelés	0 ppm	4000 ppm	4000 ppm	4000 ppm	4000 ppm	4000 ppm	4000 ppm
és a hozzá tartozó átlag	24,3 b	27,2 b	18,3 ab	7,1 ab	0,6 a	0,0 a	0,0 a
átlag	30,1 B	29,2 B	25,2 B	14,6 AB	3,1 A	0,0 A	0,0 A

Az eredményeket a következő fajták átlagai adták: 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2', 'Marianna GF 8-1', 'Myrobalan B', 'MY-BO-1', 'Ishtara'

Fontos figyelembe venni a fajták IVS érzékenységet, eredményeink szerint a túlادagolásra erősen reagálnak a 'St. Julien GF 655/2', 'MY-KL-A' fajták. Ezeknél a fajtáknál nem tartjuk indokoltnak a 4000 ppm-es IVS-es kezelések alkalmazását, október végén a 2000 ppm-es kezelés is bőven elegendő lehet. November közepétől pedig, érdemes teljesen elhagyni a serkentőszeres stimulációt.

#### 4.1.5 A gyökérszám és a különböző koncentrációjú exogén auxinos kezelések kapcsolata

A dugványcsemeték kitermelése során a járulékosan képződött gyökereket is számoltuk időpontonként és kezelésenként átlagolva azokat (**7. táblázat**). Az IVS-es kezelések direkt vagy áttételes módon fontos szerepet játszanak a gyökér indukcióban, hatással vannak a kialakult gyökérkezdemények (és így a gyökerek) számára is. Számos kutatás igazolta, hogy a serkentőszeres kezelések hatására több járulékos gyökér képződik (Sulusoglu és Cavusoglu, 2010; Griffin et al., 1998), melyet eredményeink is megerősítenek. Bastin (1966) véleménye szerint a gyökerek száma a gyökeresedési zónában található auxin jellegű vegyületek mennyiségével arányos. Ezt igazolja az is, hogy a magasabb koncentrációjú indol-3-vajsavas kezelések magasabb gyökérszámot eredményeztek szinte minden dugványszedési időpontban, még akkor is, ha statisztikailag nem volt szignifikáns a különbség.

A fajták megeredt dugványainak gyökérszámában nagy különbséget találtunk, a mirobalán típusú alanyok esetében több járulékos gyökér képződött. A 'Marianna GF 8-1' fajta átlagos gyökérszáma különösen kiugró, 9,9 volt, szemben a 'MY-KL-A' 6,5-ös és a 'Myrobalan B' 6,2-es átlagával. A 'St. Julien GF 655/2' fajta 4,5, a 'Fehér besztercei' pedig csak 3,4 gyökeret fejlesztett átlagosan, ez utóbbi fajtára különösen jellemző, hogy csak igen kevés gyökérkezdemény fejlődik. Bastin (1996) véleménye szerint ez a rendelkezésre álló alacsony, minimális auxinszint miatt is lehet. Összefügghetett azzal, hogy a fajta szaporítási rátája sokkal kisebb volt a többi szilvaalanyhoz képest, ami nehézkes gyökérindukcióra és iniciációra utalhat.

A kezeletlen kontrollhoz képest a 2000 ppm-es IVS-be mártott dugványok több gyökeret fejlesztettek, a 4000 ppm-el kezelt dugványok gyökérszáma még ezt is meghaladta, ami egybevág más szerzők eredményeivel (Griffin et al, 1998), ettől csak ritkán volt eltérés, például a 'Marianna GF 8-1' alany esetén, ahol a 4000 ppm-es serkentés már szinte teljesen letálisnak bizonyult (2007. 01. 22-i dugványszedés). Az egyes dugványszedési időpontok átlagos gyökérszámainak eltérései a fajták összesített kezelési átlagánál kissé összemosódtak, ami az időponthatásnak köszönhető. Az eredés időpontjában a 'Myrobalan B' fajtánál a 2000 ppm-es kezelés mindig jóval több gyökeret eredményezett, mint a kontroll, az átlaguk 5 és 5,8 lett, köztük nincs szignifikáns eltérés. A kezelések átlagainál a különbségeket a kontroll januári időpontjának magas 9,1-es értéke egyenlítette ki, az ugyanekkor szedett IVS-esel kezelt dugványok nem voltak életképesek. A 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében sem tapasztaltunk szignifikáns eltérést a kezelések átlagai között.

**7. táblázat.** Az IVS-es kezelések hatása a dugványok gyökérszámára (dugványszedési időpontonként)

fajta	IVS ppm	10. 26.	11. 8.	11. 29.	12. 18.	1. 22.	2. 13.	2. 28.	átlag	fajta átlag	
Fehér besztercei	0	0,0							0,0		
	2000	2,8	3,1	3,5					3,1	a	
	4000	3,2	3,3	4,1	4,2				3,7	a	3,4 A
Myrobalan B	0	2,1	3,2	4,3	6,4	9,1			5,0	a	
	2000	3,7	4,7	5,0	9,7				5,8	a	
	4000	4,0	4,2	6,3	10,5	14,0			7,8	b	6,2 AB
St. Julien GF 655/2	0	2,4	2,5	2,9	7,1	8,2			4,6	a	
	2000	2,1	3,1	5,2	7,9				4,6	a	
	4000	4,0	4,6						4,3	a	4,5 A
MY-KL-A	0	3,0	4,7	4,0	6,2	7,7	6,5		5,4	a	
	2000	3,7	5,5	6,8	7,8				6,0	a	
	4000	8,0	8,3	8,0					8,1	b	6,5 AB
Marianna GF 8-1	0	6,7	6,1	6,7	8,8	8,3			7,3	a	
	2000	7,2	10,1	8,5	13,8	16,1			11,1	b	
	4000	10,9	10,4	12,1	11,2				11,2	b	9,9 B
időpont átlag		4,3	5,3	6,0	8,5	10,6	6,5				
		a	a	ab	B	b	ab				
kezelés átlag	0	3,5 a	4,1 a	4,4 a	7,1 a	8,3 a	6,5 a		5,6	A	
	2000	3,9 a	5,3 ab	5,8 ab	9,8 b	16,1 b			6,1	A	
	4000	6,0 b	6,1 b	7,6 b	8,6 ab	14,0 b			7,0	A	



Érdemes megfigyelni, hogy az átlagos gyökérszám nő a szaporítási időszak ideje alatt, az október 26-i időpont 4,3 értéke 10,6-ra emelkedik január 22-re. Az októberi, november eleji szedésű fejlett gyökerkezdeményes dugványok potenciálisan sérülhettek a kiültetés során, ami csak kis részben magyarázhatja a korábbi alacsony gyökérszámot. Bastin (1966) véleménye szerint a magasabb gyökérszám a gyökeresedési zónában lévő magasabb auxingradienssel magyarázható, pedig méréseink szerint januárban van a dugványokban a legkevesebb gyökeresedést serkentő endogén auxin. Howard (1980) szerint ősszel a szilvaalanyok gyökeresedést gátló, a nyugalmi időszak vége felé pedig serkentő jellegű vegyületeket termelnek, a belső környezet, gyökeresedési zóna IES érzékenységeinek növekedése okozhat fokozott gyökeresedést stimuláló hatást csökkenő natív auxinszint mellett is.

A fajták összesített kezelésenként és dugványszedési időpontonként vett átlagát nézve jól látszanak a kezelések különbségei, november 29-én például a kontroll (4,4) szignifikánsan különbözött a 4000 ppm-es indol-3-vajsavas bemártástól (7,6), a 2000 ppm-es serkentést kapott dugványok pedig mindkét csoporthoz tartozó (5,8) átmenetet képviseltek. A különböző koncentrációjú kezelések átlagai esetén már nem találtunk statisztikai eltérést, ami azért fordulhatott elő, mert a 4000 ppm-es kezelések magasabb értékeit kompenzálni tudták a kezeltelen kontrollok késői januári, február eleji nagy gyökérszámú eredményei.

#### **4.1.6 Az IVS-es kezelések hatása a dugványok biológiai ritmusára**

Az exogén módon adagolt mesterséges auxinok módosítják a dugványok természetes hormonális egyensúlyát. Alkalmazásuk markáns beavatkozást jelent az növények anyagcseréjébe. Az IVS-es bemártások áttételesen a dugványok biológiai és fenológiai folyamataira is hatással lehetnek. A dugványok kiültetésekor vizuális vizsgálatot végeztünk, jól számszerűsíthető különbségeket kerestünk, és ezeket kezelésenként és fajtánként értékeltük. A dugványok IVS-es kezeléseinek a fakadásra, a kalluszosodásra és a primordium képződésre gyakorolt hatását a **8. táblázat** mutatja be.

A rügypattanás fokát a mirobalán típusú alanyok dugványai esetében tudtuk értékelni, ahol a rügypikkelyek egy része már pattani kezdett. A többi alanyfajta rügyei közt nem volt különbség, alvó állapotban voltak. A pattanó rügök biológiai aktivitási foka magas, intenzív anyagcserét és hormontermelést folytatnak. Azok a dugványok, melyeken a pattanó rügök megjelennek, a kihajtás időpontjához közelebb vannak, érzékenyebbek lehetnek a kiszáradásra a vízfelvételre alkalmas gyökerek kialakulása előtt.

A túlzott fakadás azt is jelezheti, hogy a dugványok belső folyamatai nem a járulékos gyökérképződés irányába zajlanak kellő súllyal, hanem tartalék tápanyagaikat a kihajtásra fordítják, ami a dugványok biztos pusztulását eredményezheti. A túl gyors rügypattanás inkább káros, mintsem hasznos lehet a gyökeresedés szempontjából (Szecskó, 2004).

**8. táblázat.** Az IVS-es kezelések hatása a szilvaalany fajták fásdugványainak rügypattanására, kalluszosodására és gyökériniciációjára (%)

vizsgált tulajdonság	faj IVS	<i>P. domestica</i>			<i>P. bessei</i>	<i>P. cerasifera</i> cv myrobalan				kezelés átlag
		F	K	kezelés átlag	J	B	i	M	Y	
Rügy-pattanás	0	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 A	17,5 ab	27,5 b	55,0 c	30,0 b	32,5 BC
	2000	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 A	32,5 b	27,7 b	77,5 d	45,0 c	45,7 C
	4000	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 A	65,0 cd	52,5 c	90,0 de	37,5 bc	61,3 CD
fajta átlag		0,0 A	0,0 A		0,0 A	38,3 C	35,9 C	74,2 D	37,5 C	
gyengén kalluszos	0	32,5 b	26,7 b	29,6 B	40,0 BC	82,5 de	50,0 c	67,5 d	57,5 cd	64,4 D
	2000	40,0 c	36,7 c	38,3 BC	47,5 C	33,2 b	10,0 ab	30,0 b	47,5 c	30,2 B
	4000	60,0 ce	40,0 c	50,0 C	37,5 BC	32,5 b	12,5 ab	22,5 b	47,5 c	28,8 B
fajta átlag		44,2 C	34,4 C		41,7 C	49,4 C	24,2 B	40,0 C	50,8 C	
kalluszos	0	0,0 a	0,0 a	0,0 A	27,5 B	7,5 ab	50,0 c	0,0 a	0,0 a	14,4 AB
	2000	5,0 a	0,7 a	28,3 A	40,0 BC	62,0 d	90,0 de	70,0 d	47,5 c	67,4 D
	4000	12,5 ab	1,7 ab	70,8 AB	52,5 C	65,0 d	87,5 de	77,5 d	45,0 c	68,8 D
fajta átlag		5,8 A	0,8 AB		40,0 C	44,8 C	75,8 D	49,2 C	30,8 B	
repedés	0	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 A
	2000	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 a	17,5 ab	0,0 a	0,0 a	0,0 a	4,4 A
	4000	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 a	37,5 bc	5,0 a	15,0 ab	7,5 ab	16,3 AB
fajta átlag		0,0 A	0,0 A		0,0 A	18,3 AB	1,7 A	5,0 A	2,5 A	
primordium, gyökér	0	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 A
	2000	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 a	0,0 a	9,0 ab	0,0 a	0,0 a	2,3 A
	4000	0,0 a	0,0 a	0,0 A	0,0 a	0,0 a	32,5 b	0,0 a	15,0 ab	11,9 AB
fajta átlag		0,0 A	0,0 A		0,0 A	0,0 A	13,8 B	0,0 A	5,0 A	

kihajtás is előfordult

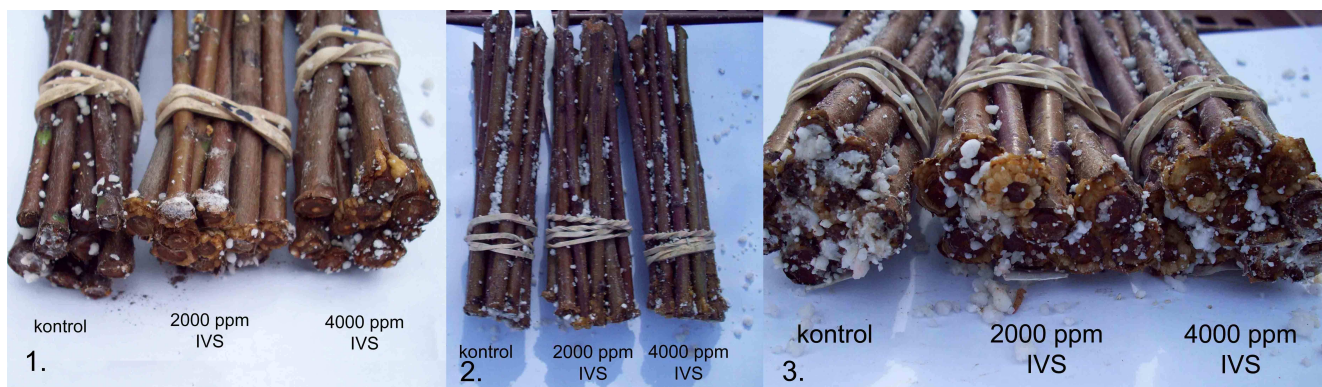
2009 első négy dugványszedési időpont átlagai alapján, 2009 március 20-ai kiültetés időpontjában.

A fajták rövidítései: F = 'Fehér besztercei', K = 'Kisnánai lószemű', J = 'St. Julien GF 655/2', B = 'Myrobalan B', i = 'Ishtara', M = 'Marianna GF 8-1', Y = 'MY-BO-1'

Eredményeink szerint az IVS-es kezelések hatására a megpattant rügyek száma megnőtt a mirobalan típusú alanyok esetében (11. ábra). Vagyis az IVS-es kezelések felgyorsították a dugványok rügyeinek pattanását (8. táblázat). Az irodalmi források többsége szerint az IVS-es kezelések nincsenek hatással a dugványok fakadására (Hartmann et al., 1981; Wahab et al., 2001). Luqman et al. (2004) nem talált statisztikailag igazolható különbséget, kísérletei szerint a serkentett dugványok mégis hamarabb fakadtak. A *Jatropha curcas* dugványai szignifikánsan hamarabb, a *Jatropha glandulifera* fajtáé pedig később fakadtak (Kochhar et al., 2005).

Az auxin típusú vegyületek meghatározó szerepet töltenek be a rügynyugalom szabályozásában. Az IVS, amivel a dugványok talpát kezeltük, áttételes hatás révén mégis gyorsította a csúcsrügyek kihajtását. Valószínűleg a természetes hormonális egyensúly (korrelációs egyensúly) felbontása révén fejt ki hatását, ami megváltoztatja a dugványok anyagcseréjét, és ezen keresztül a fenológiai folyamatait is.

A IVS-es kezelések átlagát nézve látszik, hogy szinte lineáris emelkedést kapunk a rügyek kihajtására nézve a kezelőszer koncentráció növekedésével párhuzamosan, a kontroll esetében a rügyek 32,5 %-a pattant, szemben a 2000 ppm 45,6 %-val és a 4000 ppm 61,3 %-val. Az egyes fajták más intenzitással reagáltak a kezelésekre, a 'Myrobalan B' esetében figyeltük meg a legérzékenyebb reakciót, itt a kontrollnál 17,5 %, 2000 ppm-es IVS kezelésnél 32,5 %, 4000 ppm-nél pedig 65 %-os rügypattanást tapasztaltunk. Itt 2000 ppm-enként szinte megduplázódott a megpattant pikkelyű rügyek száma. A 'Marianna GF 8-1' fajta szintén hevesen reagált a kezelésekre, az 55 %-os kontroll mellett a 2000 ppm-es kezelés 77,5 %-os, a 4000 ppm-es 90 %-os volt. Az 'Ishtara' fajta esetében csak a 4000 ppm-es kezelés okozott eltérést a kontrollhoz képest, a 'MY-BO-1' esetében a kezelések kihajtásra gyakorolt hatásai alig voltak érezhetőek. A 2000 ppm-es kezelés hatására pattant meg a legtöbb rügy. Úgy gondoljuk, hogy a kezelésekre érzékenyen reagáló fajták esetén a nagy dózisu hormonkoncentráció kevésbé eredményes. A gyökeresedési eredmények alátámasztják feltételezéseinket. A nem érzékeny 'MY-BO-1' és 'Ishtara' fajtáknál a 4000 ppm-es IVS-es kezelés adta a legmagasabb gyökeresedési százalékot (**meléklet M2 1. táblázat**).



**11. ábra.**

1. Az IVS koncentráció növekedésére erős kalluszosodással reagál a 'Marianna Gf 8-1' fajta
2. Az IVS-es bemártás hatása 'Ishtara' alanyánál megnőtt a pattanó rügyek száma 2009.03.21.
3. Az IVS-es kezelések hatása az 'Ishtara' kalluszosodására, gyökeresedésére 2009.03.21.

A kalluszosodás szintén összefügghet a gyökeresedési eredményekkel, bár ennek a megítélése kissé ellentmondásos, Hartmann (1997) szerint a kalluszosodás mértéke és a gyökeresedés között nincs összefüggés.

Ha a nehezebben gyökeresedő dugványok egyáltalán nem kalluszosodnak, akkor általában nem is gyökeresednek meg. A túl erős kalluszosodás káros is lehet, a dugványok tartalék tápanyagait esetleg egyoldalúan a kalluszképzésre fordítják a gyökeresedés helyett. A jelenség túl magas IVS koncentráció alkalmazása esetén fordul elő. A repedések szintén az IVS túladagolást jelzik, illetve a dugványok érzékenységét a serkentőszerre. A primordiumok és gyökérkezdemények szabad szemmel látható megjelenése egyértelműen mutatja a jó gyökeresedést.

A kalluszosodást tekintve megállapítható, hogy a *Prunus domestica* L. típusú fajták esetében az IVS-es kezelésekre szükség volt ahhoz, hogy megfelelő szintű kalluszosodást lehessen elérni. Indol-3-vajsavas kezelés nélkül a 'Fehér besztercei' fajta esetében csak 32,5 %-os gyengén (részlegesen) kalluszos egyedek számoltunk, szemben a 2000 ppm-es kezelés 40 %-val, és a 4000 ppm 60 %-val. A „rendesen” (körbe) kalluszosodott egyedek aránya a legnagyobb koncentrációnál is csak 12,5 %-os volt. A fajta kalluszosodási tulajdonságai azt erősítik, hogy az indol-3-vajsavas kezelésekre szükség van, eszenciálisak a kalluszosodás és a gyökeresedés szempontjából egyaránt. Hartman (1997) is egyetért abban, hogy a nehezen gyökeresedő fajták esetében a kalluszosodás fontos szerepet játszik a gyökeresedés folyamatában. Hübel (1984) a 'Mirabella' fajtánál írta le a kalluszosodás feltétlen szükségességét a gyökeresedés kapcsán.



**12. ábra.** 1. A melegtalpi IVS nekrosis drasztikus tünetei a 'Marianna GF 8-1' alanyánál  
2. A hűtőtárlóban 4000 ppm-es IVS-es bemártás hatására kialakult enyhébb nekrosis az érzékeny 'Myrobalan B' fajtánál

A *Prunus insititia* JUSL. fajhoz tartozó 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében a gyengén kalluszos egyedek száma csak részben változott a kezelések hatására, a körbe kalluszosodott dugványok száma a hormon dózis nagyságával arányosan növekedett. A kontroll esetében a dugványok 27,5 %-a kalluszosodott a 2000 ppm-es indol-3-vajsavas kezelés 40 %-a, és a 4000 ppm-es 52,5 %-a mellett. A gyökeresedési eredmények alapján többnyire mégis a kontroll kezelés volt a legeredményesebb.

A mirobalán típusú fajták esetében az IVS-es kezelések hatására csökkent a gyengén kalluszos egyedek száma, azonban nem arányosan. A kontroll 64,4 %-hoz képest a 2000 ppm-es kezelés 30 %-ot adott, a 4000 ppm alig kevesebbet, 28,8 %-ot. Az indol-3-vajsavas kezelés hatása igen erős volt, a koncentráció hatása viszont minimális. Ezzel párhuzamosan a kezeléseknél köszönhetően a 2000 ppm-nél 14,4 %-ról 67,4 %-ra, a 4000 ppm-esnél 68,8 %-ra nőtt a körbe kalluszos dugványok száma. A fajták dugványainak IVS kiváltotta kalluszosodásánál nagy különbségek voltak. A legérzékenyebben a 'Marianna GF 8-1' és a 'Myrobalan B' alanyok reagáltak, az 'Ishtara' és 'MY-BO-1' fajták dugványainak kalluszosodás változásai arányaiban kisebbek voltak (**11. ábra**). Az utóbbi két fajtánál szemmel látható primordiumokat és gyökérkezdeményeket is láttunk az IVS-esel kezelt dugványoknál, ami a jó gyökeresedési képességüket jelzi a serkentőszer jelenlétében. A repedéses tünetek az érzékeny 'Myrobalan B' fajtánál már az alacsonyabb exogén auxin koncentrációnál is jelentkeztek, a második legérzékenyebbnek a 'Marianna GF 8-1' alany bizonyult. A könnyen gyökeresedő mirobalán alanyoknál a kalluszosodás és gyökeresedés között nem volt kapcsolat, ami megegyezik Hartmann (1997) véleményével. Az IVS-es serkentések hatására bekövetkező erősebb kalluszosodás nem feltétlenül jelentett nagyobb arányú gyökeresedést, sőt a kihajtás fokozása révén legtöbbször rontotta a dugványok életben maradási esélyeit.

Több fajta dugványainál is megfigyeltük a nekrózis jelenségét a 2006/07 év telén, a többi szaporítási időszakban a szövetelhalás nem fordult elő. A jelenséget csak az IVS-be mártott dugványok talpi részén tapasztaltuk, ezért az alkoholos kontroll oldat nem okozott tüneteket, az alkohol perzselő hatását kizárhatjuk. A dugvány talpi részén jelentkező szövetelhalás, feketedés jellegzetes indikátor (**12. ábra**), az IVS túladagolást jelzi. Megfigyeléseink szerint azonban nem okozza feltétlenül a dugványok teljes pusztulását, több meggyökeresedett alsó részén szöveti károsodás tüneteit mutató dugványt is találtunk, viszont a nekrotikus tüneteket okozó kezelések gyökeresedési arányai mindig elmaradtak a tünetmentes kezelésekhöz képest.

A mirobalán típusú alanyok közül a 'MY-KL-A' fajta dugványai voltak a legérzékenyebbek, már az alacsonyabb dózisu 2000 ppm-es IVS-es kezelés is 9,6 %-ban okozott nekrotikus tüneteket, a 4000 ppm esetében pedig 38,9 %-os arányban fordult elő szövetelhalás. A 'Myrobalan B' fajta esetében a 2000 ppm-es indol-3-vajsavas kezelés 1 % alatti, a 4000 ppm-es 8,6 %-os arányban okozott szöveti nekrozist (**12. ábra**). A 'St. Julien GF 655/2' alany dugványainál csak a legnagyobb hormondózis esetében tapasztaltunk 1 % alatti tüneti hányadot, a gyökeresedés szempontjából viszont ez a fajta volt a legérzékenyebb az indol-3-vajsavas kezelésekre annak ellenére, hogy alig mutatott szövetelhalásos tüneteket. A serkentőszer a mirobalán alanyoknál a nekrozisra legérzékenyebb fajta dugványai esetében rontotta legjobban a gyökeresedési eredményeket, a kezeletlen kontroll adata a legjobb eredményt az érzékeny fajtánál.

A szöveti elhalásoktól tünetmentes 'Marianna GF 8-1' esetében a 2000 ppm-es indol-3-vajsavas kezelés volt a legeredményesebb.

#### 4.1.7 A vakításos és IVS-es kezelések hatása a dugványok gyökeresedési eredményeire

A 'Marianna GF 8-1' fajta esetében különböző vakításos és IVS-es kezeléseket és ezek kombinációit vizsgáltuk, hogy a dugványokban lezajló hormonális folyamatokat, amik a járulékos gyökérképződés alapjául is szolgálnak, minél alaposabban megismerhessük. Az elsősorban elméleti megismerést célzó kísérletrész gyakorlati gyökeresedési eredményeit a **9. táblázat** mutatja be.

**9. táblázat.** A vakításos és IVS kezelések eredési eredményei (% 'Marianna GF 8-1')

Kezelés	0 ppm		V1		V2		V3		V4	
Eredés	39	bc	34	b	0	a	29	b	0	a
Gyökeresedés	40	bc	43	bc	24	b	39	bc	96	e
Kezelés	2000 ppm		B0		B1		MF		4000 ppm	
Eredés	48	c	0	a	52	c	2	a	33	b
Gyökeresedés	50	c	78	d	81	d	94	e	33	b

A kezelések jelölésének magyarázata a **2. táblázat**ban található

A táblázatban elkülönülnek az eredés és a gyökeresedés fogalmak, az eredés az októberi dugványkitermeléskor számolt kihozatali %-ot jelenti. A gyökeresedés a gyökereket fejlesztő dugványok %-os arányát mutatja. Fontos információt szolgáltat a vakított dugványok gyökeresedési készségéről, ugyanis a teljesen rügytelenített dugványok nem tudnak kihajtani (így nem életképesek), gyökereket viszont fejleszthetnek. A rügyek gyökeresedést gátló anyagokat is termelhetnek, amiknek hatása a rügyek eltávolításával esetleg csökkenthető. A szilva fásdugványok rügyei ősszel gyökeresedést gátló anyagokat tartalmaznak (Howard, 1980), kísérletünkben a legjobb, 96%-os gyökeresedési eredményt a teljesen vakított dugványoknál kaptuk, ami szintén ezt igazolja. A teljesen vakított dugványok legtöbb esetben nem életképesek (Kawai, 1996). Természetesen a dugványok nem eredtek meg, mert rügyek híján kihajtani nem tudtak. A vakított és 2000 ppm-es IVS-es kezelés hatására a gyökeresedési eredmények már csak 78 %-osak voltak, viszont részleges vakításnál, amikor a csúcsrügyet meghagytuk, 81%-os eredményt kaptunk. A részleges vakítás és 2000 ppm IVS kombinációjánál 52 % volt az eredés, szemben a serkentőszeres kezelés 48 %-ával.

**10. táblázat.** A csúcsok 2000 ppm-es IVS kezelésének (ppm) hatása a fajták gyökeresedésére és eredésére (%)

fajta	eredés cs 2000		gyök. cs 2000		eredés 0 ppm		eredés 2000 ppm	
St. Julien GF 655/2	0	a	82	d	39	c	10	ab
Fehér besztercei	0	a	15	ab	0	a	19	b
Marianna GF 8-1	2	a	94	de	39	c	48	c
eredés = gyökeresedés + kihajtás			cs 2000 = 2000 ppm IVS csúcskezelés					

A nem serkentett dugványok közül meglepő módon a teljesen vakítottak kalluszosodtak a legerősebben a vakítatlan kontrollt is megelőzve, úgy gondoljuk a rügyek és gátló anyagok eltávolításával a rendelkezésre álló natív auxinkészlet erősebb gyökeresedési és kalluszosodási stimulánst tudott adni. Az IVS-be mártott dugványok esetében sokkal erősebb talpi duzzadást tapasztaltunk, a vakításos kezelések közt eltérés nem volt megfigyelhető, a serkentőszer erősebb hatása elmosta a különbségeket. A kutatók többsége a vakítás kapcsán alacsonyabb gyökeresedési százalékokról számolt be (Fadl és Hartman, 1967).

A 'Marianna GF 8-1' 2000 ppm-es IVS-esel csúcskezelt dugványok esetében 2 %-os eredést tudtunk elérni, a gyökeresedés viszont kiugró, 94 %-os volt. A dugványcsúcsok indol-3-vajsavas serkentése a használt 2000 ppm-es koncentrációban már gátolta a rügyek kihajtását. A fajták gyökeresedési reakciója a csúcsok kezelésére a **10. táblázatban** látható. A csúcskezelés hatására az IVS-es kezelések káros gyökeresedést rontó hatása a dugványtalpon nem érvényesül, áttételesen hat a gyökeresedésre a csúcsból lefelé transzportálódó endogén auxinok formájában.

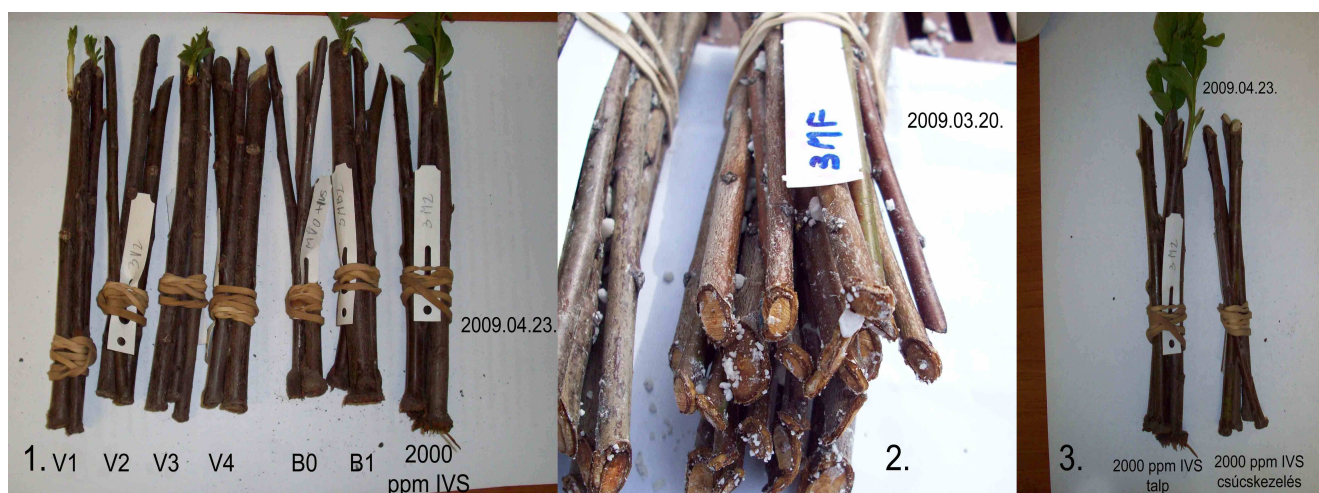
A 'St. Julien GF 655/2' a legérzékenyebb az IVS-re, a 2000 ppm-es talpkezelésnél 10 %-os, a kezeletlen kontrollnál 39 %-os, a csúcsi stimulációval viszont 82 %-os gyökeresedést értünk el. Az IVS-re ebben az időpontban nem érzékeny 'Marianna GF 8-1' esetében is a csúcskezelés felülmúlta a talpi rész serkentésének eredményességét (48%), gyökeresedés szempontjából pedig kiugróan magas, 94 %-os eredményt adott. A csúcskezelés hatására a fajták talpi része erősebben kalluszosodott, és ehhez a kontrollt megelőző gyökeresedési százalékok is társultak, az erős kalluszosodás különösen a 'Fehér besztercei' fajta esetében volt feltűnő, a 4000 ppm-es IVS-es dugványtalpi kezelés hatásával vetekedett.

A csúcsrügyek kezelésének legfontosabb fenológiai hatása a kihajtás gátlásában vagy erőteljes késleltetésében nyilvánult meg (**13. ábra**). A 'Marianna GF 8-1' fajtánál az életben maradt dugvány esetében több mint két héttel később következett be a fakadás. Ez azt jelenti, hogy a kezelt dugványok tartalék tápanyagaikat nem a fakadásra, hanem minél nagyobb arányban a járulékos gyökérképződésre tudták fordítani. Kiültetés után a kihajtás helyett a gyökérképződés volt a hangsúlyos folyamat. A tavasszal hamar fakadó mirobáln esetében a kezelés igen pozitív változást hozott a fakadás késleltetése szempontjából.



Optimális IVS koncentráció mellett tudatosan is késleltetni lehetne a fakadást a dugványok későbbi kihajtása mellett. A kezelt fajták mindegyike jól gyökeresedett, viszont a kihajtás többnyire elmaradt.

A 'Fehér besztercei' a gyökeresedéshez feltétlenül igényli az IVS-es kezelést. A csúcskezelések hatására a dugványok 15 %-a gyökeresedett meg (kihajtás nélkül), szemben a kezeletlen kontroll teljes hatástalanságával. Az összes fajta esetében a csúcskezelés erőteljesebb kalluszosodást eredményezett a kontroll dugványokhoz képest, ami a 'Fehér besztercei' esetében még a 4000 ppm-es indol-3-vaajsavas serkentés hatását is meghaladta. Úgy gondoljuk, hogy a hajtáscsúcs kezelése a rügyek bioaktív anyagainak szintézisét is befolyásolhatja, így akár a gyökeresedést gátló anyagok szintézisét is lassíthatják, blokkolhatják.



- 13. ábra.**
1. A különböző vakításos kezelések hatása a 'Marianna GF 8-1' dugványok kalluszosodására és kihajtására, az IVS drasztikus kalluszosító hatását (jelölésmagyarázat: **2. táblázat**)
  2. A dugványcsúcs bemártása gyenge lokális kalluszosodást eredményez a talpkezelésekhez képest, 'Marianna GF 8-1'
  3. A csúcsi és talpi IVS-es bemártások hatása a fakadásra, a csúcskezelés 2000 ppm-es koncentrációban gátló hatású

A „direkt” IVS-el kezelt gyökeresedési zónájú dugványok esetében a gyökeresedés és kalluszosodás kapcsán mi is a széles körben elfogadott véleményt tudjuk megerősíteni (Hartmann et al., 1997), miszerint a kalluszosodás és gyökeresedés független egymástól. Nagyon érdekes viszont, hogy a „nem direkt” serkentőszer hatással elért fokozottabb kalluszosodásnál magasabb gyökeresedési eredményeket kaptunk a teljesen vakított és csúcsán IVS kezelt dugványok esetében.



#### 4.1.8 A melegtalp-kezelés hatása a dugványok gyökeresedési eredményeire

Az őszi, az októberi végi, novemberi időszak a legerdeményesebb a szilvadugványok gyökeresedése szempontjából (Szecsó et al., 2003; Guerrierro és Loreti, 1975), ami egybeesik a faiskolai munkacsúccsal, ez a munkaerő foglalkoztatás szempontjából igen kedvezőtlen. A téli, (januári, és február eleji) időszak nem kedvez a szilvaalanyok gyökeresedésének, viszont a faiskolák szabad munkaerő kapacitással rendelkeznek. Kérdéses, hogy a dugványok talpmeleg-kezelése képes-e változtatni azon a helyzeten, hogy a dugványok járulékos gyökérképződési hajlama alacsony ebben az időszakban. Az őszi időszak jó gyökeresedési eredményei többnyire nem indokolják a talpmeleg alkalmazását, a tél végi időszakban a felmelegedési hullámok okozta korai rügypattanás veszélye miatt kockázatosan alkalmazható kezelésnek számít.

A 2007/08-as évben 18 °C-os talpmeleget alkalmaztunk (Hartman et al., 1997 szerint) január végén négy héten át, ami túl melegnek bizonyult. A vizsgált 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2', 'Marianna GF 8-1' fajták dugványai közül egy sem gyökeresedett meg. A 2008/09 évben 15 °C-os talphőmérsékletet alkalmaztunk (Macdonald, 1993 szerint) három héten át (01.19. – 02.09.), a gyökeresedési eredményeket a **11. táblázat** tartalmazza. Szinte minden dugvány talpi részén szemmel látható primordiumok voltak, az eredés mégsem lett eredményesebb. A 'St. Julien GF 655/2' fajtánál sikerült a legjobb eredményt (11 %) elérni, az 'Ishtara' fajta 9 %-a is jobb a 6 %-os kezeletlen kontrollnál. Az alkalmazott technológiával nem sikerült átütő eredményt elérnünk, a gyökeresedési készség hiányát nem tudtuk oldani, Dessey (2004) szintén alig észrevehető eredés változást ért el dugványtalpak meleg-kezelésével.

**11. táblázat.** A háromhetes talpmeleg-kezelés hatása a fajták gyökeresedésére (% , 2008/09)

fajta / kezelés	kontroll						talpmeleg					
	K		2000		4000		K		2000		4000	
Marianna GF 8-1	7	a	1	a	0	a	0	a	0	a	0	a
MY-BO-1	18	bc	2	a	0	a	0	a	0	a	0	a
Myrobalan B	13	b	2	a	0	a	0	a	0	a	0	a
Ishtara	6	a	1	a	0	a	9	b	0	a	0	a
St. Julien GF 655/2	6	a	0	a	0	a	11	b	0	a	0	a
Fehér besztercei	0	a	0	a	2	a	0	a	0	a	0	a
Kisnánai lószemű	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a
	10,3	B	1,4	A	2,0	A	10,0	B	0,0	A	0,0	A

Az átlag számításnál a 0 értékek nem szerepeltek!

A kezelés időtartalmára vonatkozó kísérleteket is végeztünk a 'Marianna GF 8-1' fajtán (**12. táblázat**). Eredményeink azt valószínűsítik, hogy a kezelés időtartalmának rövidítésével a többi fajta esetében is javítani lehetett volna a gyökeresedési eredményeken, mirobáln típusú fajták esetében szinte biztosan, hisz a kezelés miatti korábbi fakadás okozta a vélhetően gyengébb eredményeket. Az egyhetes talpkezelés serkentés nélkül 22 %-os gyökeresedési eredményt adott, a kéthetes kezelés pedig 32 %-osat, ezután már nem tapasztaltunk gyökeresedést. A gyökeresedés szempontjából optimális kezelési időtartam 1-2 hét közé eshetett. Az IVS-es kezelések szignifikánsan rontották a gyökeresedési eredményeket, a 2000 ppm-es kezelés 6 %-os maximumát az egyhetes kezelés után tapasztaltuk. A 4000 ppm-es koncentrációjú serkentés esetében 1 %-os jelképes eredést tapasztaltunk, egyébként a kezelés a dugványok pusztulását eredményezte. A szakirodalmi források kifejezetten magas 2500-5000 ppm-es IVS kezelést ajánlanak (Macdonald, 1993; Hartman et al., 1997), eltérően a nálunk tapasztalt eredményektől. A talpkezelésben nem részesült dugványokhoz képest az egy és két hétig melegtalpon tartott egyedek szignifikánsan jobban szerepeltek, bár a gazdaságos szaporíthatóság határát így sem sikerült elérnünk, csak megközelítenünk. A talpmeleg-kezeléses technológia nem hozott átütő eredményt, bár további kísérletekkel az eredmények esetleg kismértékben javíthatóak lehetnek. A rövidebb ideig tartó melegtalp-kezelés hatásosságát Hartmann (1997) is megemlíti.

**12. táblázat.** A talpmeleg-kezelés időtartamának hatása a 'Marianna GF 8-1' dugványok gyökeresedésére (%)

talpmeleg	K		2000		4000		átlag	
0 hét	7	ab	1	a	0	a	3	A
1 hét	22	c	6	ab	1	a	10	B
2 hét	32	d	0	ab	0	a	12	B
3 hét	0	a	0	a	0	a	0	A
4 hét	0	a	0	a	0	a	0	A
átlag	20,5	B	3,8	A	1,0	A		

Az átlag számításnál a 0 értékek nem szerepeltek

A melegtalp-kezelés alkalmazásánál a dugványok nem kalluszosodtak, és gyökeresedési zónájuk nem korlátozódott egyoldalúan a dugvány talpi részére.

Amíg a hűtőtárolóban tartott dugványok gyökerei a talpi 1 cm vessző-részen képződtek, addig a melegtalp-kezelés hatására a gyökeresedési zóna megnyúlt. A dugványok gyökeresedési zónája hosszuk alsó egyharmadát érintette, elérte akár a 6-7 cm-t is (**14. ábra**). Ezen a területen jelentek meg nagy számban a szabad szemmel is látható, tapintható primordiumok. A gyökeresedés közvetlenül a talpi néhány mm-nél kevésbé aktív, a dugványok inkább feljebb fejlesztenek gyökereket.



**14. ábra.** 1. Gyökérképződés a melegtalp-kezelés hatására: 1. duzzadt, jól fejlett primordiumok 2. kisebb primordiumok 3. fejlett gyökerek 4. nekrosis, 'Marianna GF 8-1' 2009.02.09.  
2. A 2000 ppm IVS-be mártott melegtalp kezelt 'Marianna GF 8-1' dugványokon jól fejlett primordiumok láthatók a dugvány alsó harmadában  
3. Kontrol 'Marianna GF 8-1' dugványokon szintén jól fejlett primordiumok láthatók a 3 hét melegtalp-kezelés után

#### 4.1.9 A dugványok morfológiai és fenológiai sajátosságai a melegtalp-kezelés kapcsán

A melegtalp-kezelés során a 'Marianna GF 8-1' fajta esetében voltak először láthatóak a járulékos gyökérkezdemények, a többi fajtánál ezek fejletlenebbek és kisebbek voltak. Általánosan elmondható, hogy a nagyobb, vastagabb, 8-9 mm-es dugványok jobban viselték a talpmeleg-kezelés körülményeit, mint a 6 mm körüliek. A vékonyabb dugványok érzékenyebben reagáltak, valószínűleg a kisebb tartalék tápanyagkészletük miatt.

Az IVS-es kezelések szövetromboló hatása felerősödött a talpmeleg-kezelt dugványok esetében, a talpi rész pusztulását tapasztaltuk ezeknél a dugványoknál annak ellenére, hogy az irodalom (Macdonald, 1993) a 'Myrobalan B' fajta számára 2500 ppm-es, a *P. domestica* alanyoknak pedig 5000 ppm-es IVS dózist ajánl. A szövetelhalás mértéke egyúttal jelzi a fajták indol-3-vajsav érzékenységét. A pusztulás jellege nem hasonlít a hűtőtárolóban lévő dugványok tüneteire (12. ábra 65. oldal).

Itt gyors kiszáradásos jellegű szöveti pusztulást tapasztaltunk, az elhalt részek teljesen kiszáradtak a nedves perlitágy ellenére. Úgy gondoljuk, a pusztulás igazi oka az, hogy a serkentőszeres kezelés erős szövetosztódási reakciót váltott ki a dugványoknál, mivel a túladagolt indol-3-vajsav túl magas natív auxinszintet indukált. A dugványok tartalék tápanyagai és a vízkészlete nem bírta követni a felborult hormonális rendszer diktálta erős növekedési impulzust. Gyakorlatilag a hormonhatású növényvédőszer mechanizmusához hasonló égés-, és száradás-szerű tüneteket tapasztaltunk a dugványtalpnál. Az elhalt részek puhelykönnyűvé váltak, csak a gesztes-fásodott részek maradtak meg, minden mobilizálható anyag eltűnt ezekből a részekből.

Azok a dugványok, amelyek gyenge nekrotikus tüneteket mutattak, nem feltétlenül pusztultak el, viszont látványosan jelzik számunkra, hogy túladagoltuk a serkentőszert. Úgy gondoltuk, érdemes bemutatni, milyen érzékenységet mutatnak az egyes fajták az IVS-sel szemben. A **13. táblázatban** látható statisztikát a méréshez behordott dugványok adataiból készítettük. Az első, amikor szövetelhalásos tüneteket tapasztaltunk, a 2009 február 10-i időpont volt, 20 nappal a talpkezelés kezdete után. A 4000 ppm-es kezelés esetében mindegyik fajtánál jelentkeztek a tünetek, a 2000 ppm-es indol-3-vajsavas bemártásnál csak a 'St. Julien GF 655/2' fajtánál, ami melegtalp-kezelés nélkül is a legérzékenyebben reagált a serkentőszerre. Ennél a fajtánál már 11,2 mm-es átlagos elhalást tapasztaltunk, a maximum pedig 25 mm-volt a mérésre szánt három dugványnál. A február 16-i időpontban már minden dugványnál tapasztaltunk tüneteket, az alacsonyabb hormonkoncentrációnál többnyire alacsonyabb, magasabb koncentráció esetén nagyobb mértékű pusztulás volt megfigyelhető.

A szöveti elhalás mértéke jellemzően növekedett március végéig, április elejéig. Ha a 2000 ppm-es kezelést nézzük, bár szignifikáns statisztikai különbség nincsen, a 'St. Julien GF 655/2' fajta átlagos pusztulása a legnagyobb, 8,7 mm, szemben a 'Fehér besztercei' 7,9-es és a 'GF 8-1' fajta 6,9-es átlagával. A 'GF 655/2' fajta esetében tapasztaltuk a legmagasabb pusztulási arányt az összes vizsgált alkalomnál, ami megerősíti a szilvaalany fokozott IVS érzékenységről alkotott véleményünket.

A 4000 ppm-es kezelésnél a 'Marianna GF 8-1' fajtánál 8,1 mm-es átlagos nekrozist tapasztaltunk, ami már statisztikailag eltért a 'St. Julien GF 655/2' fajta 13,1 mm-es értékétől. A 'Fehér besztercei' 9,3 mm-es értéke az előző két érték közötti átmenetet képviseli.

A legszembetűnőbb különbséget a kezelések között a 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében figyeltük meg, ahol az eltérés szignifikáns volt, a 'Fehér besztercei'-nél már csak részleges, a 'Marianna GF 8-1' alanynál már nem volt kimutatható. Az igazi különbséget az IVS-be mártott és a kezeletlen dugványok között tapasztaltuk, ugyanis az utóbbiaknál egyáltalán nem talákoztunk talpi pusztulással.

**13. táblázat.** A különböző koncentrációjú IVS-es bemártások hatása a szilvaalany fajták talpfűtéssel kezelt dugványainak talp-részi pusztulására (mm)

fajta	GF 655/2		Fehér b.		GF 8-1		GF 655/2		Fehér b.		GF 8-1	
	Á	M	Á	M	Á	M	Á	M	Á	M	Á	M
időpont	2000 ppm IVS						4000 ppm IVS					
2009.02.10	1,6	5					11,2	25	5	10	1,6	5
2009.02.16	6,2	10	5,5	10	3	2	7	20	6,2	10	2,3	5
2009.03.11	9	20	6,5	20	5,4	15	11	20	7	10	7	15
2009.03.24	12,5	20	9,5	25	9	20	15,5	25	10,3	30	12	25
2009.04.06	14,2	25	10,2	20	10,2	23	21	30	18	40	17,5	35
átlag	8,7	16,0	7,9	18,8	6,9	15,0	13,1	24,0	9,3	20,0	8,1	17,0
	A	a	A	a	A	a	B	ab	AB	a	A	a

Á = átlag  
 M = maximum érték  
 statisztikai csoport: A  
 statisztikai csoport: a

A 'Marianna GF 8-1' fajtánál az IVS-es bemártás koncentrációján túl a melegtalp-kezelés hosszának hatását is meg tudtuk figyelni a talpi rész pusztulására (**14. táblázat**). A 2000 ppm-es IVS-oldattal és egyhetes talpmeleggel kezelt dugványok esetében március 11-én találkoztunk a talpi nekrozis jelenségével, ugyanezt a magasabb koncentrációjú bemártásnál már február 16-án tapasztaltuk. Eredményeink szerint a melegtalp-kezelés hosszának csökkentésével párhuzamosan az IVS okozta nekrozis valószínűsége csökken, a tünetei enyhébb lefolyásúak, és később jelentkeznek. Az egyhetes melegtalp-kezelésnél 2000 ppm-es IVS bemártásnál átlagosan a talpi rész 2,6 mm hosszú pusztulását mértünk, a dugványok jelentős része egyáltalán nem mutatott tüneteket (**14. táblázat**). A kéthetes kezelés 3,8 mm, a háromhetes talpmeleg-kezelés 6,9 mm hosszúságú talpi nekrozist okozott, az az egyes kezelési időtartamok okozta szövetelhalási értékek (mm) statisztikailag eltértek egymástól. Vagyis, a melegtalp-kezelés időtartamának hatása az IVS-el serkentett dugványok talpi részének pusztulására hatással volt.

**14. táblázat.** A melegtalp-kezelés hosszának és az IVS oldat koncentrációjának hatása a 'Marianna GF 8-1' fajta dugványainak talp részzi pusztulására (mm)

talpfűtés ideje időpont	1 hét		2 hét		3 hét		1 hét		2 hét		3 hét	
	Á	M	Á	M	Á	M	Á	M	Á	M	Á	M
	2000 ppm IVS						4000 ppm IVS					
2009.02.10									1,3	5	1,6	5
2009.02.16			1,3	5	3	2	3,3	10	1,3	5	2,3	5
2009.03.11	2,5	5	3,3	8	5,4	15	4	8	4,2	10	7	15
2009.03.24	3,7	8	5	12	9	20	3,3	5	6,5	12	12	25
2009.04.06	1,7	5	5,7	15	10,2	23	3,6	8	9	15	17,5	35
átlag	2,6	6,0	3,8	10,0	6,9	15,0	3,6	7,8	4,5	9,4	8,1	17,0
	A	a	AB	b	B	c	AB	A	AB	b	BC	c

Á = átlag  
 M = maximum érték  
 statisztikai csoport: A  
 statisztikai csoport: a

A 4000 ppm-es kezelésnél az egyhetes talpmeleg alkalmazása esetén 3,6 mm-es átlagos dugványtalpi pusztulást, a kéthetesnél 4,5 mm-es pusztulást mértünk, közöttük statisztikai eltérés nem volt. A leghosszabb háromhetes kezelés már eltért, 8,1 mm-es átlagos pusztulást eredményezett.

Az IVS hatását figyelembe véve egy hét melegtalp kezelés után szignifikáns eltérést tapasztaltunk, 2000 ppm-nél 2,6mm, 4000 ppm-nél 3,6 mm volt az átlagos dugványtalpi elhalás. Ha a fűthető padozaton tovább maradtak a dugványok, a különbségek elmosódtak, a melegtalp-kezelés hatása már erősebb volt a serkentőszer hatásnál.

A maximum (M) értékeknél jelentős eltérés volt a melegtalp-kezelés időtartalmával arányosan. Az egyhetes kezelésnél 10 mm alatti pusztulást tapasztaltunk, a kéthetesnél már 10-20 mm közötti maximumot mértünk, ami a harmadik hétre 20 mm fölé emelkedett. A nekrotizisos dugványok között jelentős eltérés van a tünetek erősségét tekintve, ami a talpkezelés idejének hosszával tovább erősödött.

## 4.2 A dugványok auxintartalmának vizsgálati eredményei

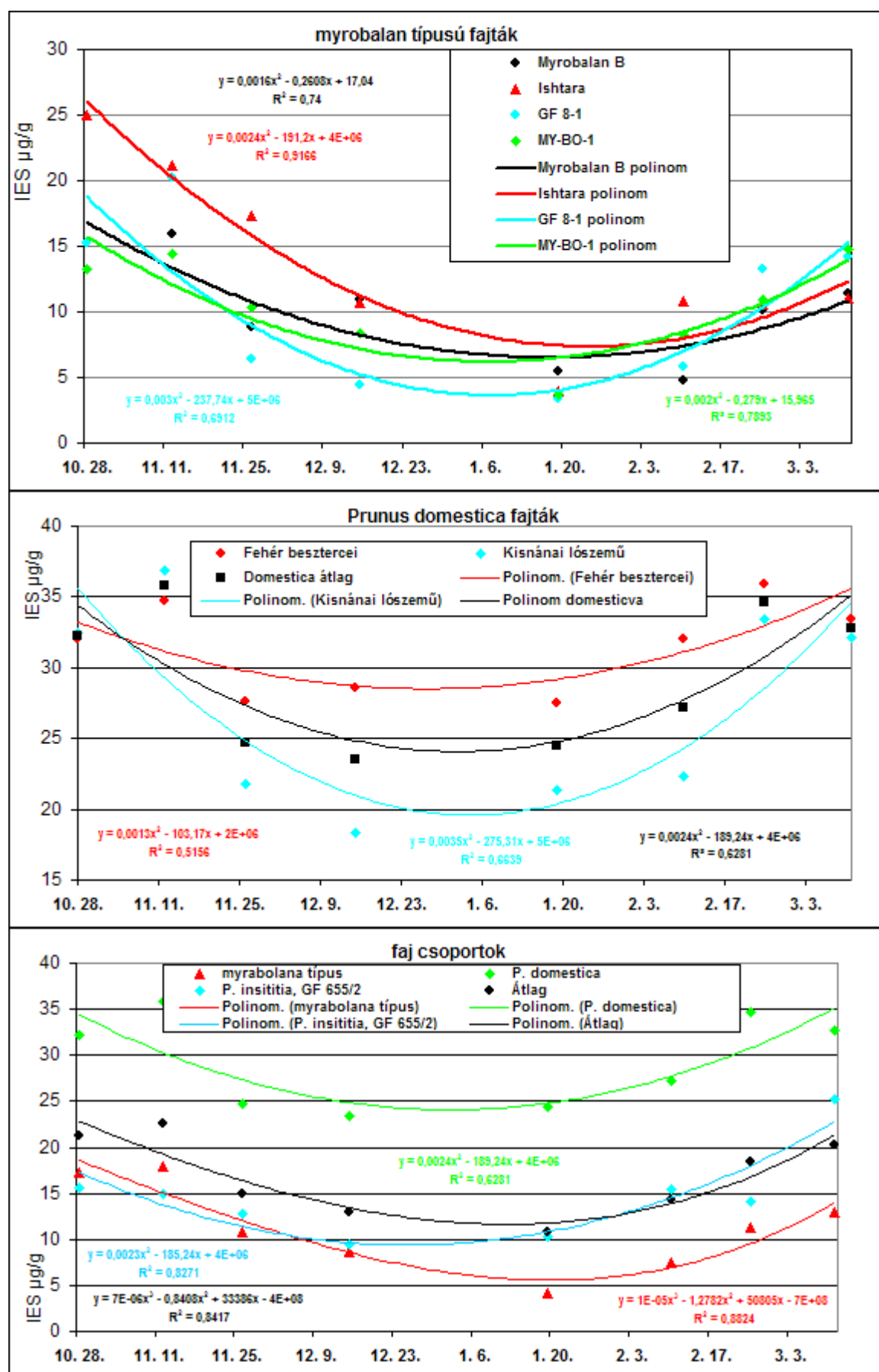
### 4.2.1 A fajták indolecetsav tartalmának változása a szaporítási periódus ideje alatt

A szaporítás időzítése meghatározza a dugványok rügyeinek aktivitását (Guerrierro és Loreti, 1975) és a natív auxin tartalmát is, ami alapvető befolyással bír a gyökeresedésükre. A mirobalán típusú fajták IES tartalmának változását a szaporítási időszak alatt a **15. ábra** mutatja. A legmagasabb indol-3-ecetsav koncentrációt a 'Ishtara' alanynál tapasztaltuk, mely október végén meghaladta a 25  $\mu\text{g/g}$ -ot, az őszi időszak alatt végig a többi fajta fölött volt a koncentrációja. A többi három mirobalán fajta IES koncentráció változásának üteme igen hasonló volt, a 'Marianna GF 8-1' fajta esetében tapasztaltuk a legalacsonyabb natív auxin koncentrációt, 4  $\mu\text{g/g}$ -os értéket, ennél a fajtánál változott a hormonszint a legintenzívebben a vizsgált időszakban.

A *Prunus domestica* L. típusú fajtákat a **15. ábra** mutatja be. A 'Fehér besztercei' esetében elvárható pontossággal nem tudtuk modellezni a szaporítási időszak ideje alatt bekövetkező hormonális változásokat, IES tartalma végig meghaladta a 'Kisnánai lószemű' fajtáét, főleg a mélynyugalmi időszak alatt. Az egyes fajokhoz tartozó fajtacsoportok IES koncentrációinak átlagos változását az **15. ábra** mutatja be.

A *Prunus domestica* típusú alanyok indol-3-ecetsav tartalma szinte duplája a többi fajtacsoporténak, a mért értékek 25-35  $\mu\text{g/g}$  közé esnek, ez igen kis mértékű (30-40 %) változást jelent. Az időpont hatása nem markáns a natív auxin koncentrációra. A mirobalán alanyoknál a legszembetűnőbb ez a változás, a minimum érték 5  $\mu\text{g/g}$ -hoz közelít, a maximum pedig szinte eléri a 20  $\mu\text{g/g}$ -ot, ami majdnem négyszeres koncentráció növekedést jelent. Jól tudjuk, hogy ennek a fajtacsoportnak a legaktívabbak a rügyei tavasszal, először kezdenek el duzzadni és fakadni, csak kényszernyugalmat okozó hideg tudja visszatartani fejlődésüket (Tóth és Surányi, 1980). A 'St. Julien GF 655/2' alany esetében a minimum értéknek alig több mint duplája a maximum, ami kevésbé intenzív hormonális változást jelent, gyakorlatilag a fajta inkább a *Prunus domestica* típusú szilvákhoz hasonló ebből a szempontból.

A mirobalán fajtáknál eredményeink szerint a szedési időpont megválasztása nagy hatással lehet a kezdeti gyökeresedésre a kiindulási IES tartalom nagyarányú változása miatt. Az irodalmi források az őszi és a télvégi jó gyökeresedést a magas natív auxinszinttel magyarázzák, az általunk is használt parabola görbével leírható téli auxin minimum ideje a legkedvezőtlenebb a járulékos gyökérképződés szempontjából.



**15. ábra.** A szaporítóanyag IES koncentráció (µg/g) változása a szaporítási időszak ideje, a vizsgált 8 dugványszedési időpontban



Tsipouridis (2006) a 'GF 677' fajta esetében december, január és február hónapokban találta az IES koncentráció minimumot a dugványokban, ettől az októberi és novemberi érték alig, csak 10-20 %-al volt magasabb. A szerzők következtetése szerint a dugványok szedéskori auxintartalma és eredése között nincs összefüggés, az áprilisi és májusi auxin maximum idején tapasztalták a legrosszabb eredést.

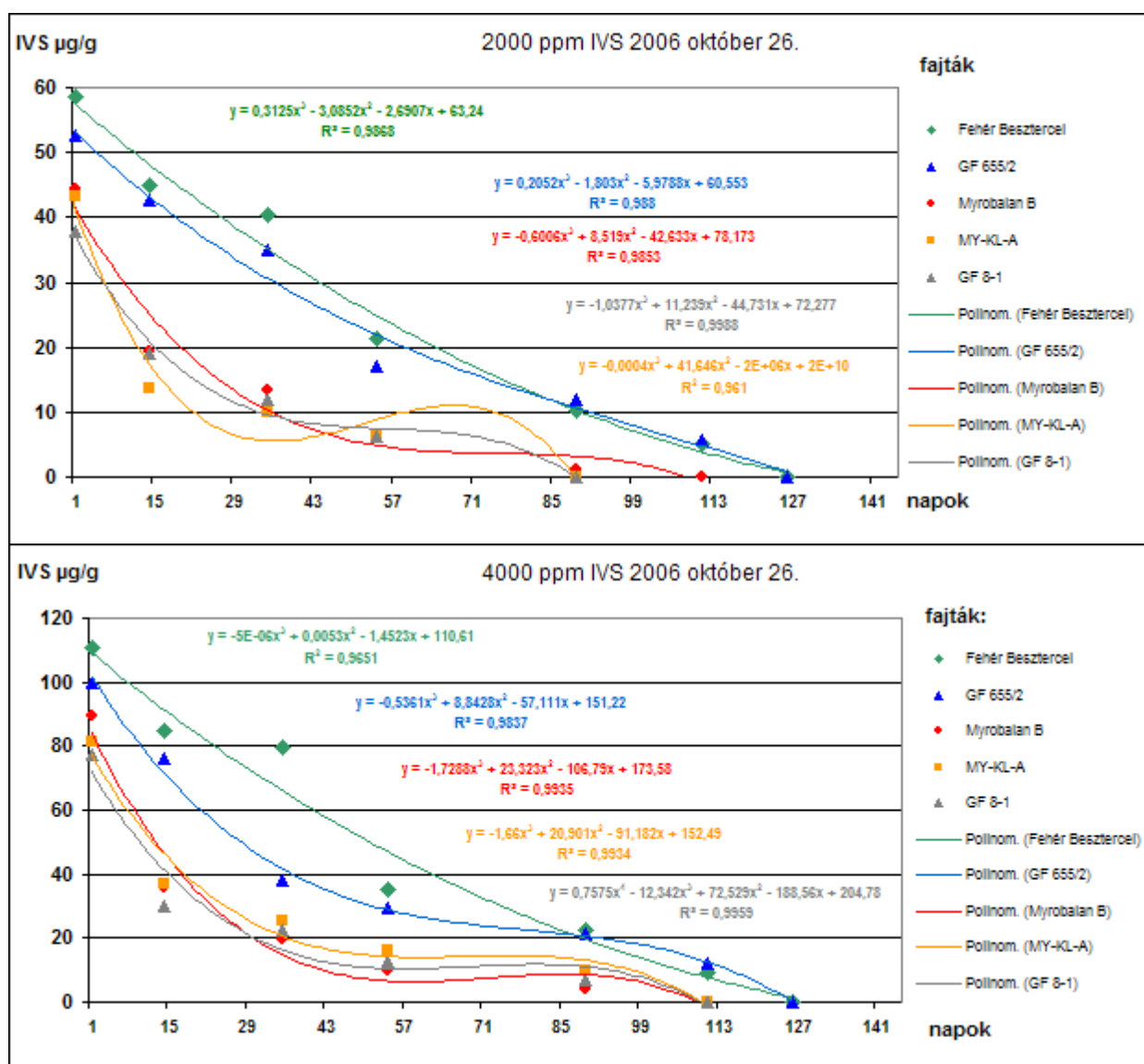
A *Prunus domestica* L. fajhoz tartozó szilváknál, főleg a 'Fehér Besztercei' esetében minimális eltérést kaptunk a szaporítási időszak ideje alatt, vagyis a dugványszedési időpont alig befolyásolja a kiindulási indol-ecetsav tartalmát. Részben ez magyarázhatja azt, hogy Szecső (2004) kísérleteiben a decemberi időszakot találta a legmegfelelőbbnek a fajta szaporítása szempontjából, az összes többi fajta esetében, akárcsak a kísérletünkben, az őszi (legtöbbször októberi) időszakban sikerült elérni a legmagasabb szaporítási rátát. A 'Fehér besztercei' fajta esetében feltételezhetően más tényezők határozzák meg a gyökeresedési eredményeket, nem a szedési időpont IES koncentrációja. Tudjuk, hogy a fajta a gyökeresedéséhez indol-3-vajsavas serkentést igényel.

#### **4.2.2 A gyökeresedési zóna IVS tartalmának alakulása a gyökeresedés során**

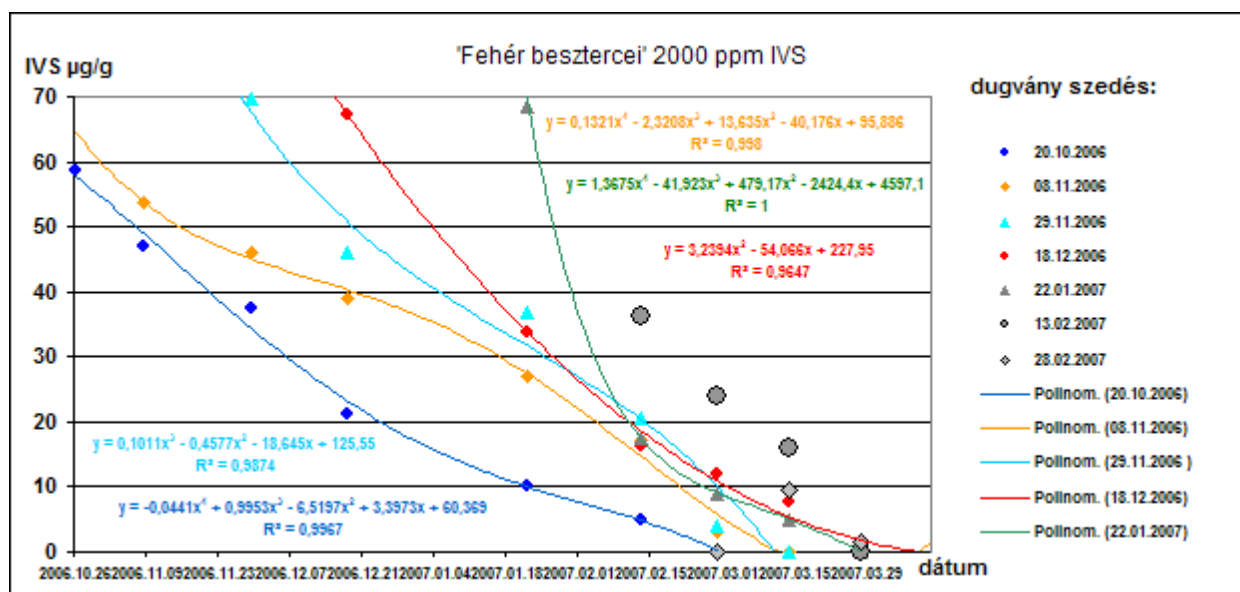
A gyökeresedési zóna IVS tartalmának vizsgálata során egységesen a stimulálószeres bemártás napján feltárt minták serkentőszer koncentrációját neveztük felvett indol-3-vajsav mennyiségnek. Ebben az időpontban mértük a gyökeresedési zóna felvett IVS tartalmát, utána pedig serkentőszer lebontását. Mivel méréseinkkel a konjugátumokban kötött IVS-t is mértük, ezért szakirodalmi adatok alapján biztosak lehetünk benne, hogy a fogyás oka csakis bomlás lehet, vagy annak a speciális esete az indol-3-ecetsavvá alakulás (Epstein és Ludwig, 1993).

2006/07 telén vizsgálatainkkal elsősorban a dugványok IVS felvételének és lebomlásának részletes megfigyelésére koncentráltunk. A **16. ábrán** szereplő 5 fajta esetében követtük végig az indol-3-vajsav fogyását a gyökeresedési zónában a 2000 és 4000 ppm-es koncentrációjú kezelések esetén mind a hét dugványszedési időpontban. A serkentőszer lebomlását bemutató görbék közül a jellegzeteseket válogattuk össze.

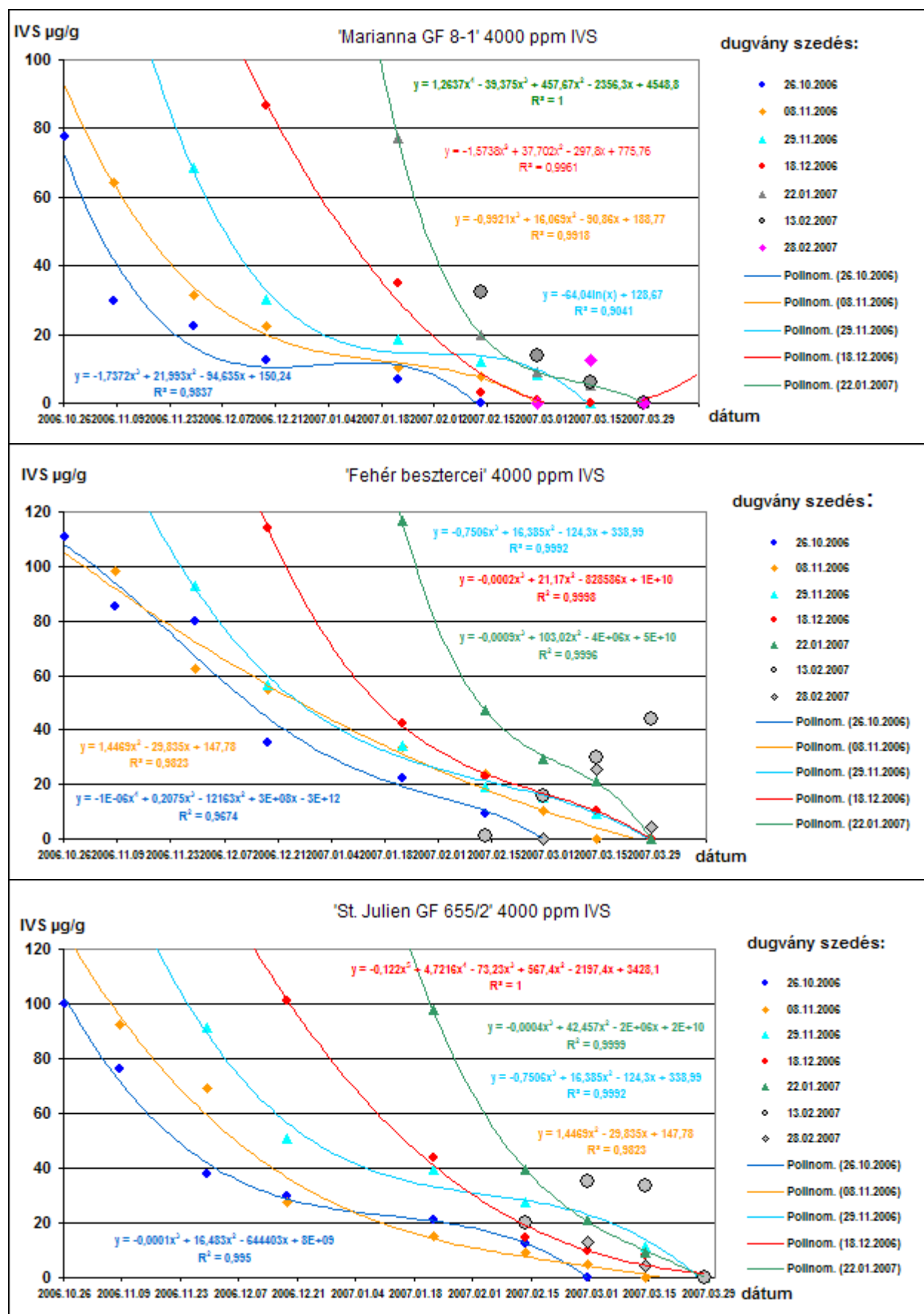
A fajták IVS felvételének és lebontásának különbségeit a 2006. október 26-i időpontban szedett dugványok példáján mutatjuk be (**16. ábra**). Eredményeink szerint a 4000 ppm-es indol-3-vajsavas bemártás kétszeres 75-120 µg/g közötti serkentőszer felvételt eredményezett a dugványtalpban a 2000 ppm-es kezeléshez képest (40-60 µg/g). A vizsgált fajták esetében a mirobalán típusúak esetében gyors indol-3-vajsav lebomlást tapasztaltunk.



16. ábra. A szilvaalany fajták gyökeresedő dugványainak IVS lebontása



17/1. ábra. A különböző időpontokban szedett dugványok IVS felvétele és lebomlása gyökeresedésük során



**17/2. ábra.** A különböző időpontokban szedett dugványok IVS felvétele és lebomlása gyökeresedésük során

A mirobalán alanyok esetében a felvett IVS felezési ideje a dugványokban kéthetes volt, október 26-ról november 8-ra a 4000 ppm-es kezelés esetén 80-ról 40 µg/g-ra, a 2000 ppm-esnél 40-ről 20 µg/g-ra csökkent a serkentőszer koncentrációja. Az első két hét gyors kezdeti lebomlását fokozatosan lassuló metabolizmus követte, az IVS lebomlása kapcsán ezt a trendet a szakirodalmi adatok is megerősítik (Nag et al., 2001). Méréseink szerint a 'MY-KL-A', a 'Myrobalan B' és a 'Marianna GF 8-1' fajta IVS lebontás szempontjából nagyon hasonlóan viselkedtek. A 2000 ppm-es kezelés esetén különbséget találtunk a teljes lebomlás idejében, ami a 'Myrobalan B' fajta esetében 111 napig tartott, míg a 'MY-KL-A' és 'Marianna GF 8-1' fajtájú dugványoknál csak 89 napot vett igénybe. A 4000 ppm-es kezelésnél mindhárom fajta esetében 111 napig tartott a felvett serkentőszer mérési határig történő metabolizmusa.

A 'Fehér besztercei' és 'St. Julien GF 655/2' fajú dugványok esetében az indol-3-ajsav lebomlása a 2000 és 4000 ppm-es bemártás esetében is 126 napot vett igénybe, február 28-án már nem volt mérhető koncentrációban (**16. ábra**). Ezeknél a fajtáknál sokkal lassabb serkentőszer lebomlást tapasztaltunk.

Mind a 2000, mind a 4000 ppm-es indol-3-ajsavas bemártások esetén a dugványok IVS felezési ideje 35-50 napig tartott, szemben a mirobalán típusú alanyok kéthetes idejével. A *Prunus domestica* típusú 'Fehér besztercei' és *P. insititia* JUSL. fajhoz tartozó 'St. Julien GF 655/2' fajták dugványainak IVS lebontása egyenletesebb volt, ezeknél a fajtáknál gyors kezdeti lebomlást nem tapasztaltunk. A 2000 ppm-es kezelés esetében lebomlás sebessége majdnem azonos ütemű (meredekségű) volt, a 4000 ppm-es kezelésnél a különbségek már jobban látszanak. A 'St. Julien GF 655/2' alany IVS lebomlása a kezdeti szakaszban gyorsabb volt a *P. domestica* fajba tartozó magyar fajtánál. A bomlás jellegét tekintve kissé hasonlított a mirobalán típusú alanyokra, köztes átmeneti típusú bomlási sajátosságait mutatta.

Az időzítést, vagyis a szedési időpont IVS lebontására gyakorolt hatását is vizsgáltuk a mirobalán típusú alanyok esetében, nagyon hasonló lebomlási görbéket kaptunk, ezért itt csak a 'Marianna GF 8-1' alanyt mutatjuk be 4000 ppm-es bemártásnál, mint a gyors lebomlási típusba tartozó referencia fajtát (**17/1. ábra**). A bemártás hatására felvett IVS mennyisége 65 és 85 µg/g között változott. A dugványok IVS lebontása az első három októberi és novemberi időpontokban volt a leghosszabb, ekkor a 100 napot is meghaladta. Utána a lebomlás fokozatos gyorsulását tapasztaltuk. A januárban szedett dugványoknál már csak 64 napig, február elején pedig 42 napig tartott. Jellemzően a lassú lebomlású időpontokban kaptuk a legjobb gyökeresedési eredményeket, február 14-én és 18-án már csak részleges IVS felvételt tapasztaltunk, csak 32 és 8,7 µg/g-os serkentőszer mennyiséget mértünk a dugványokban a szokásos 80 - 120 µg/g helyett.

Úgy gondoljuk, hogy a részleges IVS felvétel a dugványok gyökeresedési képességének hiányát jelezheti (Epstein, 1993b). Igen jellemző sajátosság volt 2006/07 telén, hogy a kiültetés után (március 20.) már nem találtunk IVS-t a dugványok talpi részében, a hűtőtárolóból való kikerüléssel együtt felgyorsult a lebomlás folyamata, ezért nem találtunk ekkor detektálható koncentrációjú serkentőszert.

Az IVS-t lassan bontó 'Fehér besztercei' fajta esetében az első három októberre és novemberre eső időpontban megvágott dugványok esetében lassú, 118-135 napos lebomlást tapasztalatunk (**17/2. ábra**). A dugványok indol-3-vajsav lebontásának ideje decemberre 99, januárra 64, február I. dekádjában 42, a III-ra 28 napra redukálódott. A két februári időpontban csak részleges serkentőszer felvétel történt, az ebben az időszakban szedett dugványok nem voltak életképesek. Érdekes sajátossága a fajtának, hogy a decemberi-januári időszakban a hirtelen lebontást egy jóval lassabb ütemű metabolizmus követi. Januárban az IVS felezési ideje már csak 22 nap, a lebomlás a felezés után viszont már elhúzódó, mert még 34 napot vesz igénybe. A kiültetés pillanata után már az indol-3-vajsavat leglassabban bontó 'Fehér besztercei' fajtánál se találtunk mérhető koncentrációjú serkentőszert.

A hét különböző időpontban szedett 4000 ppm-es indol-3-vajsavval kezelt 'St. Julien GF 655/2' fajta IVS felvételét és lebomlását a **17/2. ábra** mutatja. A lebomlási folyamat leginkább a 'Fehér besztercei' fajtára emlékeztet, az októberi és novemberi időpontban megvágott dugványok esetében szintén 118-135 napos lebomlást tapasztalatunk, ami aztán decemberre 99, januárra 64, február I. dekádjára 42 napra csökkent. A 'Fehér besztercei' fajtához hasonlóan a decemberi és januári szedésű dugványoknál a kezdeti gyors IVS lebomlást lassú dekompozíció követte.

A 2008/09 fásdugványozási időszakban négy fajta dugványainak az IVS lebontását vizsgáltuk november 26-i szedési időponttól (**20. ábra 87. old.**), és három fajtáét pedig a január 19-ei dugványszedéstől. Az IVS bomlásával párhuzamosan a fajták IES koncentrációjának változásait is mértük.

Az őszi folyamán november 26-án szedett 2000 ppm-es IVS-be mártott fajták 40-45 µg/g-os koncentrációban vették fel a serkentőszert, a 4000 ppm-es kezelés 100 µg/g körüli értékeket eredményezett. A dugványokat március 20-án ültettük ki Soroksáron, a 'Fehér besztercei' fajtát kivéve a dugványokban nem mértünk IVS-t a kiültetés után a 2000 ppm-es kezelés esetében. A 4000 ppm-es serkentésnél viszont március 24-én a 'Marianna GF 8-1' fajtát kivéve találtunk IVS-t, sőt a 'Fehér besztercei' fajta esetében még április 6-án 131 nap múlva is megtaláltuk a mestesegetesen adagolt exogén auxint. A 2006/07-es év téli kísérleteinek esetében a kiültetés után már nem találtunk IVS-t a dugványokban, ebből a szempontból igen karakteresen eltér egymástól a két év.

Mindkét serkentőszeres kezelés esetén a koncentráció gyors felezési idejét tapasztaltunk a mirobalán típusú 'Marianna GF 8-1' és 'MY-BO-1' fajták dugványainál, amit lelassuló és elhúzódó teljes lebomlás követett. A teljes lebomlás a 2000 ppm-es kezelés esetében 118, a 4000 ppm-esnél 131 napig tartott, ami időtartalmával jóval felülmúlja a 2006/07 év hasonló időszakának eredményeit. A 'Fehér besztercei' fajta esetében a lebomlás még lassabb volt, a kisebb koncentrációjú kezelésnél 131, a nagyobbánál pedig 147 napot vett igénybe. A fajtát a lassú és egyenletes indol-3-vajsav dekompozíció jellemezte, a felezési idő 54 napos volt.

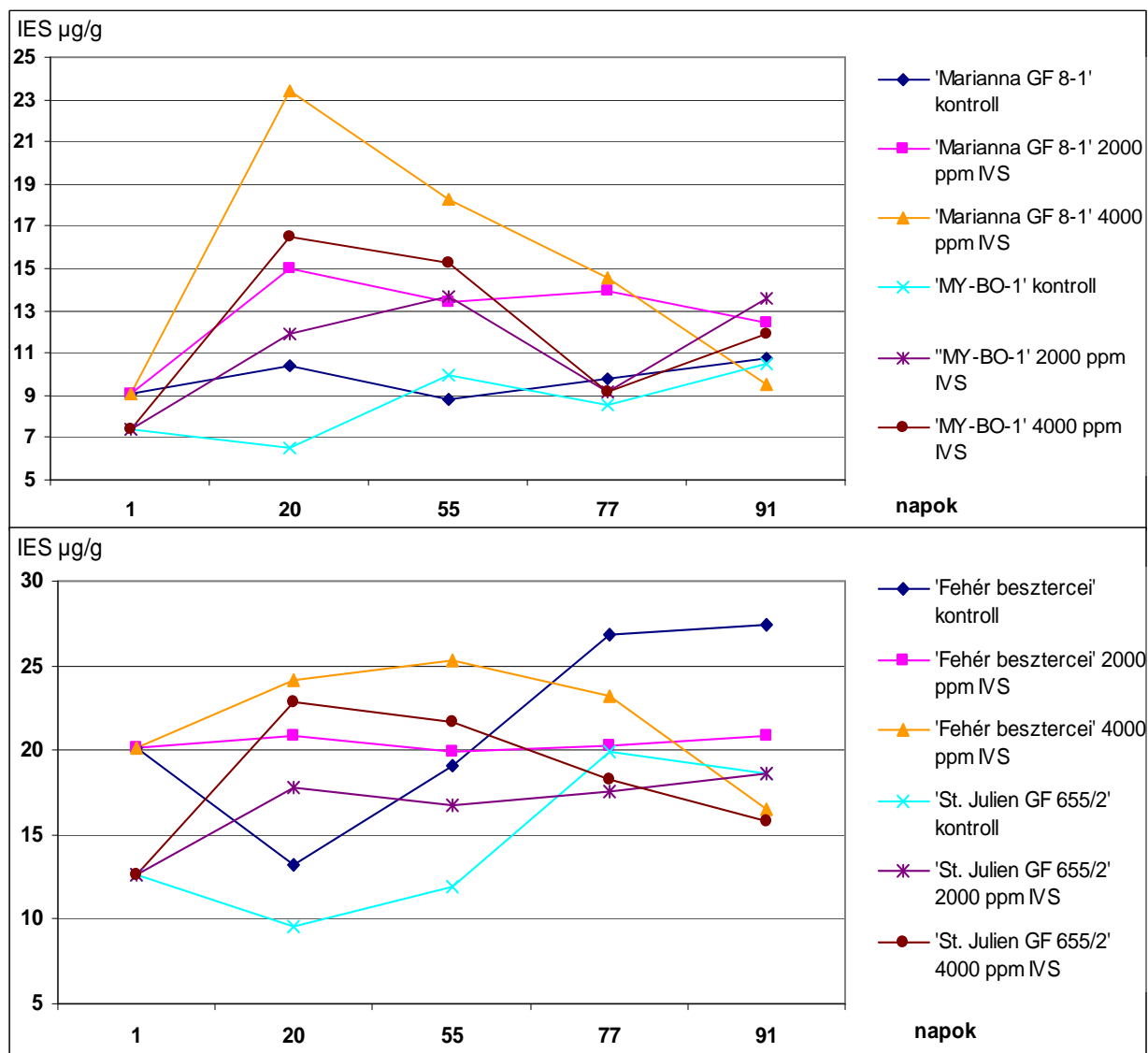
A 'St. Julien GF 655/2' fajta dugványai esetében a 'Fehér besztercei'-hez hasonló lassú lebontási ütemet tapasztaltunk, viszont a felezési ideje már rövidebb volt, körülbelül 35 napos. A 2000 ppm-es kezelés esetén a mirobalán típusú alanyokhoz hasonlóan 118 napig tartott a teljes lebomlás, a 4000 ppm-es kezelésnél viszont már 131 napot igényelt a teljes dekompozíció, akárcsak a 'MY-BO-1' fajtánál.

A január 19-én szedett dugványok IVS lebomlás különbségei a **24. ábrán** (95. old.) láthatóak (talpmeleg). A 'Marianna GF 8-1' és a 'St. Julien GF 655/2' alanyok dugványai esetében mindkét kezelésnél 77 napig, április elejéig tartott a serkentőszer teljes lebomlása. A 'Fehér besztercei' fajta dugványainál azonban még április 6-án is mértünk IVS-t, a teljes lebomlás 93 napig is eltartott. Ezzel szemben 2006/07 telén 64 napra volt szükségük a dugványoknak az IVS lebontására. A 2008/09 telén a dugványok elhúzódó serkentőszer-metabolizmusát figyeltük meg. Tény, hogy az előbbi tél igen enyhe volt, a nyugalmi időszak hamar véget ért. Az utóbbi szaporítási időszak tele átlagosnak volt mondható.

#### **4.2.3 Az serkentés hatása a fajták IES tartalmának változására**

A november III. dekádjában szedett dugványok IES tartalmát nézve a mirobalán típusú fajták 10 µg/g alatti natív auxin koncentrációval bírtak a kiindulási időpontban. A 'Marianna GF 8-1' alany kiindulási indolecetsav koncentrációja 9 µg/g-ról 24,4 µg/g-ra nőtt 19 nap alatt a 4000 ppm-es IVS kezelés hatására. A növekedés arányát tekintve ez a fajta reagált a legérzékenyebben a kezelésre (**18. ábra**). Az IES koncentrációja ezt követően már csak csökkent. A gyökeresedési eredményeink alapján viszont a 4000 ppm-es serkentőszeres kezelés adta a legkisebb eredési arányt. A 'MY-BO-1' hasonlóan reagált a kezelésekre, kezeletlen kontroll indol-3-ecetsav szintje végig a serkentett dugványok alatt maradt. Ennél a fajtánál a 2000 ppm-es kezelés adta a legjobb gyökeresedési eredményt.

A 'St. Julien GF 655/2' kontroll kezelése esetében (**18. ábra**) a 'MY-BO-1' alanyhoz hasonló IES alakulási trendet kaptunk, akárcsak a serkentőszeres kezelések esetében. Ennél a fajtnál a kezeletlen kontrollok gyökeresedtek a legjobban (**melléklet M2 1. táblázat**), az IVS-es bemártás hatására ennél a fajtnál romlottak legjobban a gyökeresedési eredmények. Az IVS-es kezelésekre viszonylag érzékenyen reagált, a 4000 ppm-es kezelés hatására a kiindulási 12,6 µg/g-ról 22,8 µg/g-ra nőtt az indolecetsav koncentrációja, ugyanakkor a kezeletlen kontrollé 9,58 µg/g-ra csökkent.



**18. ábra.** Az IVS-es kezelések hatása dugványok talpi részének IES koncentrációjára

A 'Fehér besztercei' fajta esetében a kontrollnál a kiindulási időpontban lévő 20,14 µg/g-ról 19 nap alatt 13,17 µg/g-ra csökkent az indolecetsav koncentrációja (**18. ábra**). Ez a vizsgált fajták közt a legnagyobb arányú csökkenést jelenti, pedig a járulékos gyökérképződés folyamata a gyökeresedés stimulálásához megfelelő natív auxinszintet igényel, különösen egy serkentőszeres kezelést igénylő fajtnál.

2009.01.19-én szedett dugványoknál szintén markáns natív auxinszint csökkenést tapasztaltunk ennél a fajtánál (**96. oldal 25. ábra**), ami megerősíti véleményünket, miszerint a natív auxinszint csökken a dugványvágás után a taxon sajátossága. A 2000 ppm-es IVS-es kezelés esetében statisztikai értelemben nem változott az IES koncentrációja, a kezelés csupán arra volt elég, hogy stabilizálja a dugványok natív hormonszintjét, de megnövelni nem volt képes azt. Csak a 4000 ppm-es indol-3-vajsavas kezelés tudta megemelni a dugványtálpak indolecetsav koncentrációját, egyúttal ezt a dózist találtuk a legeredményesebbnek a fajta szaporítása szempontjából. Irodalmi források tesznek említést olyan taxonokról, ahol a dugványvágás után a gyökeresedési zóna auxinszintje természetes úton csökken (Blakesley et al., 1991).

A sikeres gyökeresedéshez egyszerre több feltételnek is teljesülnie kell, melyek fajtánként eltérőek lehetnek. Először a gyökeresedés serkentéséhez szükséges auxinszintet el kell érniük a dugványok talpi részének (Jarvis, 1986). Ez elsősorban a 'Fehér besztecei' fajta esetében találtuk fontosnak az eredés szempontjából. Másrészt kerülni kell a túl magas koncentráció elérését, a 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében már a kontroll „kezelés” IES szintje elérte a kívánt koncentrációt, az IVS-es kezelések hatására a 4000 ppm-es kezelésnél ez a szint meg is duplázódott, ami gyökeresedési eredményeink szerint akár káros is lehetett. A gyökeresedést stimuláló iniciációs szakaszban a magas IES koncentráció előnyös, azt követően viszont már káros, az auxin-inaktív szakaszban ennek a csökkenése lenne kedvező a gyökérképződés szempontjából (Jarvis, 1986).

A fajták gyökeresedési zónájának IVS és IES tartalmi kapcsolatát a **15. táblázat** és **19. ábra** szemlélteti. Eredményeink szerint a dugványok IVS tartalma szoros összefüggésbe hozható a natív auxinszinttel. Eredményeinket megerősíti, hogy a legtöbb kutató arról számolt be, hogy az exogén auxinos kezelés hatására az endogén gyökeresedést serkentő hormonok szintjét megemeli (Nag et al., 2001; Végvári és László, 2004). Abban viszont nincs egyetértés, hogy milyen mechanizmus révén nő meg az IES koncentráció, sokan az IVS-re mint védő szubsztrátra tekintenek (Hartmann et al., 1997; Ryugo és Muraoka, 1974), mások az indol-3-ecetsavvá alakulás mesterséges kiindulási termékekét látják a vegyületben (Jennifer, 1997; Epstein és Ludwig-Müller, 1993; Alvarez et al., 1989). Kutatásainkal az IVS hatásmódját sem megerősíteni, sem cáfolni nem tudjuk.



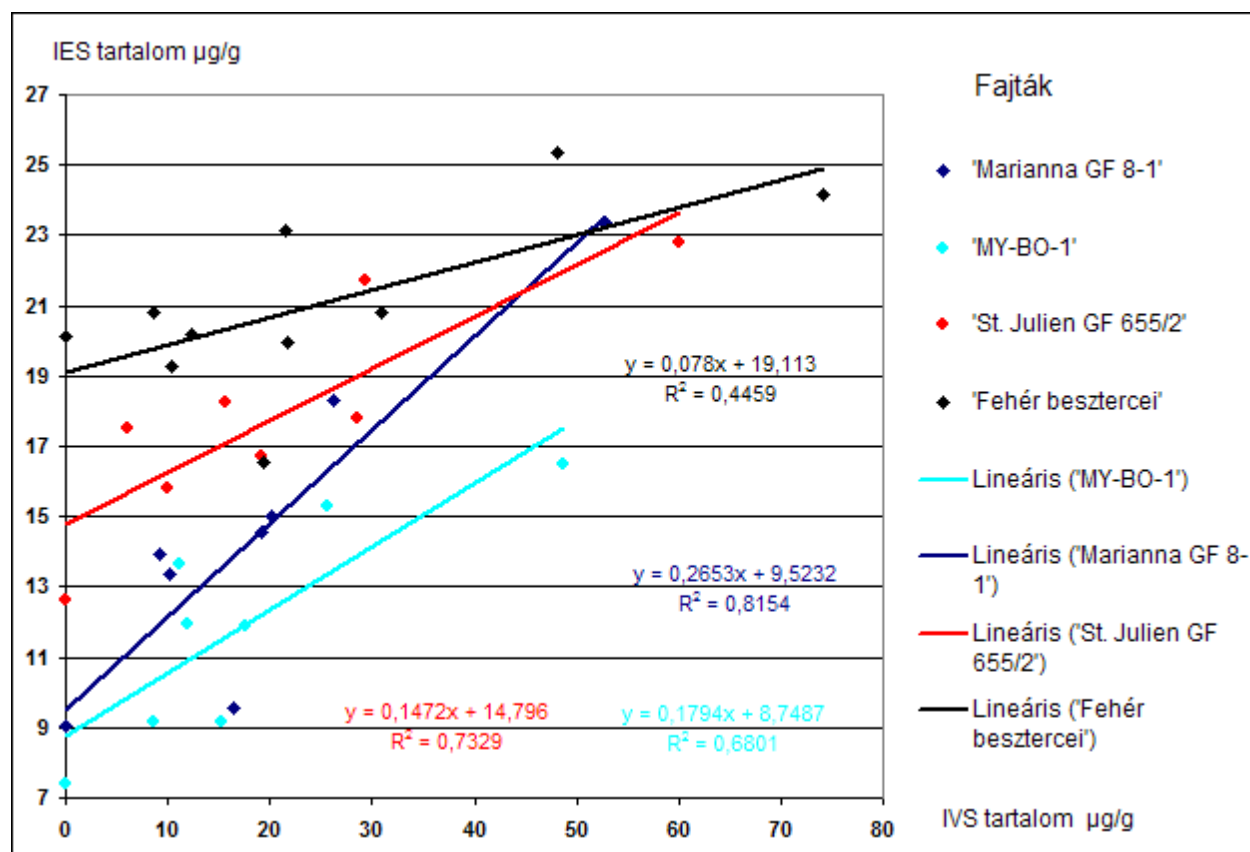
**15. táblázat.** A gyökeresedési zóna IES és IVS tartalmának kapcsolatát jellemző együtthatók a gyökeresedés során

Fajta:	Marianna GF 8-1'		MY-BO-1		St. Julien GF 655/2		Fehér besztercei	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
IVS - IES tartalom	0,729	0,531	0,720	0,519	0,703	0,495	0,787	0,619

r = korrelációs koefficiens

r<sup>2</sup> = determináltsági koefficiens

szignifikancia szint: p = 5%

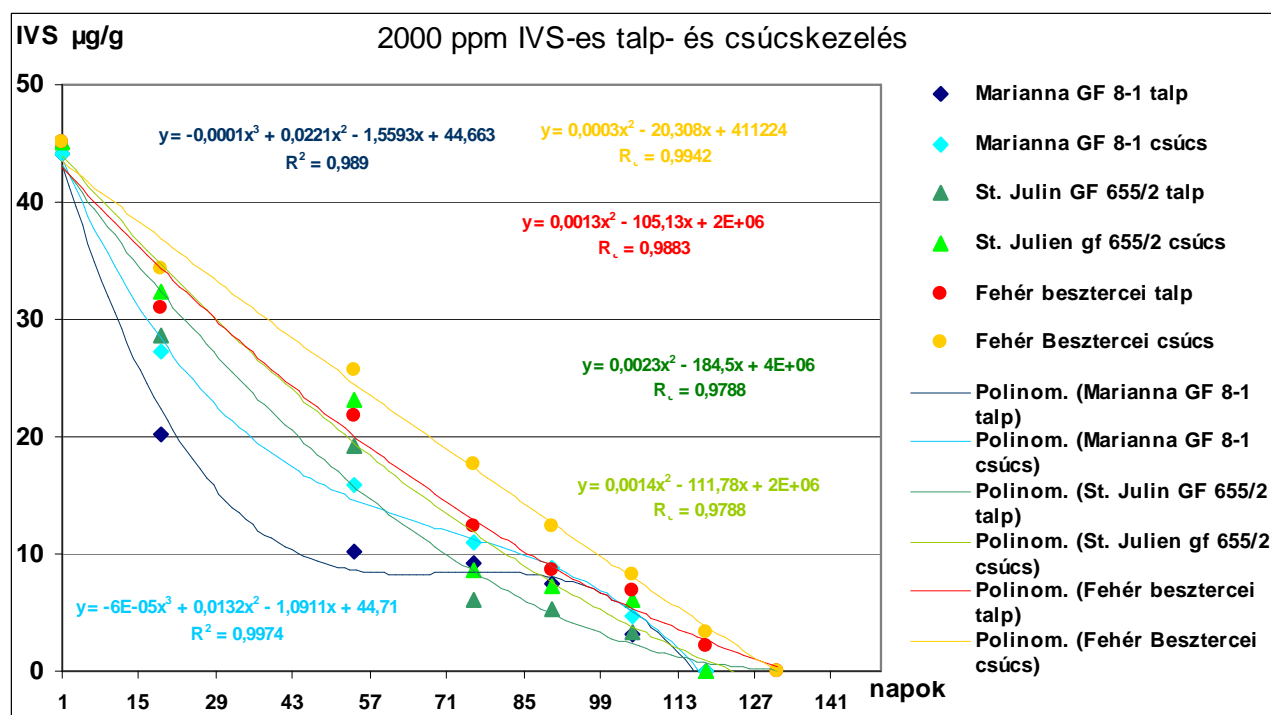


**19. ábra.** A dugványok gyökeresedési zónájának IES tartalma az IVS tartalom függvényében

A gyökeresedési zóna IVS koncentrációjának IES tartalomra gyakorolt hatása lineáris modellel írható le, minden fajta esetében szoros korrelációt kaptunk. A lényegi eltérés a görbék meredekségében volt, minnél meredekebb egy görbe, annál hevesebben reagál natív auxinkoncentráció változással az adott fajta adott mennyiségű serkentőszerre. A 'Marianna GF 8-1' fajta natív auxintermelésben megnyilvánuló válaszreakciója volt a legerősebb a serkentőszerre, amit a 'MY-BO-1' és a 'St. Julien GF 655/2' fajták követtek. A 'Fehér besztercei' fajta volt a legérzékletlenebb, több mint háromszoros szöveti serkentőszer mennyiséget igényel azonos natív auxinszint növekedéshez a 'Marianna GF 8-1' alanyhoz képest. Nem véletlen, hogy ennél a fajtánál a legmagasabb 4000 ppm-es IVS dózist találtuk a legeredményesebbnek.

#### 4.2.4 A dugványcsúcs IVS-be történő bemártásának hatása a fenológiai folyamatokra és a natív auxinszintre

A vizsgált három fajta IVS lebomlását a **20. ábra** mutatja a csúcson és talpi részükön 2000 ppm-es koncentrációjú serkentőszerbe mártott dugványok esetén. Ha az indol-3-vajsav teljes lebomlási idejét nézzük, nincs különbség a kezelések helye között, mind a talpi és csúcsi részeken ugyanannyi ideig tart a folyamat. A csúcsi rész esetében a lebomlás kezdeti üteme mindhárom fajta esetében lassabb volt a talpi részhez képest. A 'Marianna GF 8-1' fajta dugványai esetében a talpi rész IVS felezési ideje 19 napig tartott, a serkentőszerbe mártott csúcs esetében viszont már 30 napot vett igénybe a kiindulási hormonmennyiség megfeleződése. A felezési idő hosszát és lebomlási ütemét (jelleggörbék eltérését) nézve is a 'Marianna GF 8-1' szilvalanynál tapasztaltuk a legnagyobb különbséget a két kezelt dugványrész között. A 'St. Julien GF 655/2' alany esetében indol-3-vajsav felezési idejének különbsége a talpi és csúcsi dugványrészek között egy hétnél rövidebb, a 'Fehér besztercei' fajtánál pedig nem éri el a két hetet. Méréseink szerint az utóbbi két fajtánál, különösen a 'St. Julien GF 655/2'-nél kicsi az eltérés az IVS lebontásánál a dugványok talpi és csúcsi részénél, szemben a 'Marianna GF 8-1' alannál tapasztalt nagy eltéréssel.



**20. ábra.** A fajták IVS lebontásának különbségei csúcsi és dugványtalpi serkentőszeres bemártás esetén

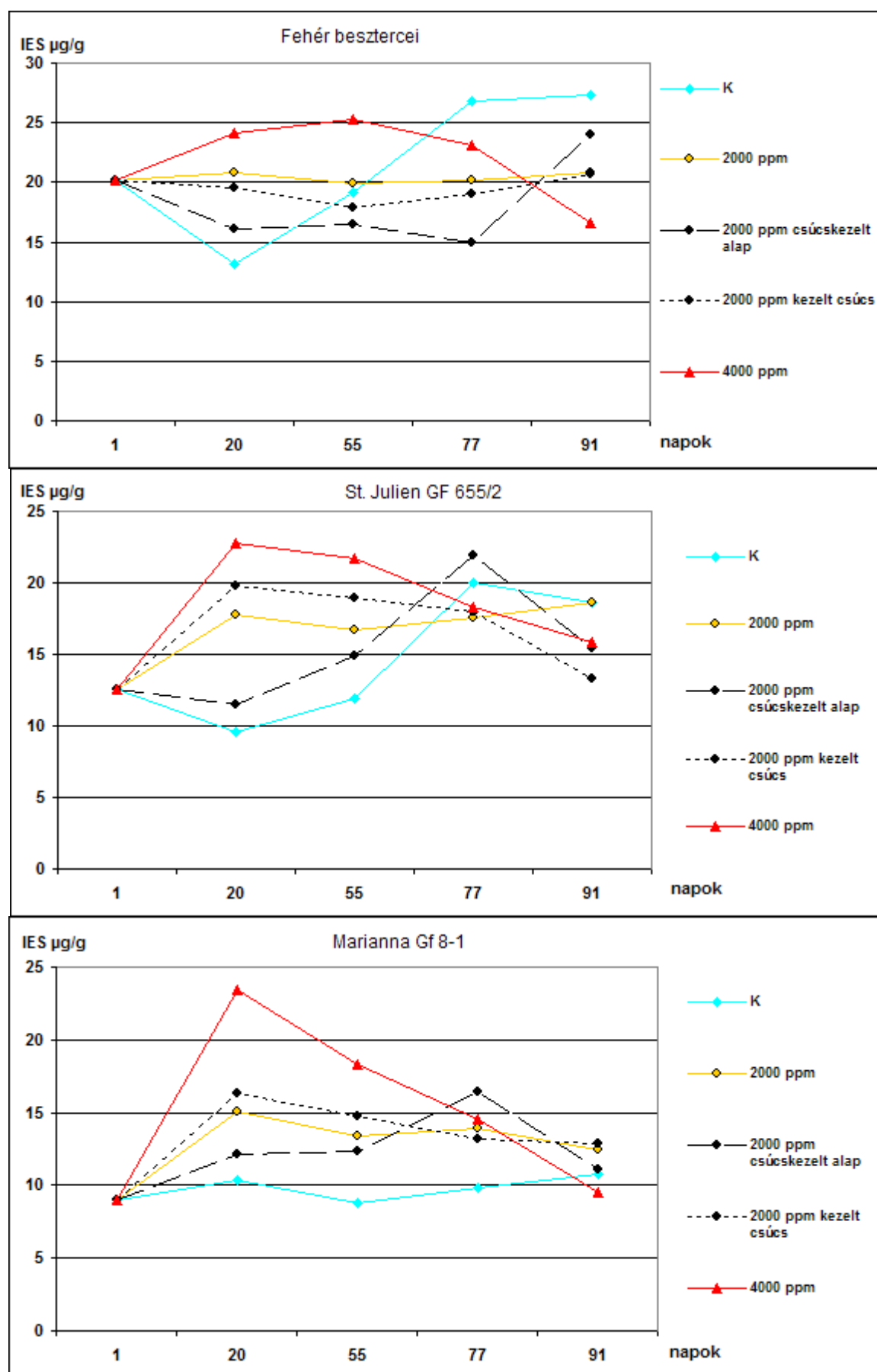
Eredményeink alapján a talpi résznél gyorsabb a lebontás, ami számos érdekes kérdést vet fel. Úgy tűnik, a csúcsi rügyek és azok aktivitása is hozzájárulhat a talpi rész auxintartalmának bomlásához, különösen a mirobalán típusú alanyoknál. Tudjuk, hogy a járulékos gyökérképződés indukciós szakasza után a magas auxinszint már kifejezetten káros lehet (Jarvis, 1986), a 'Marianna GF 8-1' fajta gyors dugványtalpi lebontással akadályozza meg a káros hatást, úgy tűnik ebben a rügyek aktivitása is komoly szerepet játszik.

A 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében a lebomlásnál a felső rügyek gyorsító hatása alig észrevehető, ráadásul a fajta dugványainak IVS felezési ideje amúgy is hosszú, gyökeresedési eredményei alapján a serkentőszerre érzékeny. A 'Fehér besztercei' fajta nem érzékeny a serkentőszerre, sőt gyökériniciációjához mesterséges stimulációt igényel, ezért lehet az, hogy az indol-3-vajsav lassú lebomlása ellenére sem rontja a fajta gyökeresedését, eredését.

A dugványcsúcsok 2000 ppm-es IVS-es kezelésének hatására az alapi rész kismértékű indolecetsav koncentráció emelkedését tapasztaltuk az összes vizsgált fajta esetében már a gyökeresedés 19 napján. A kezelés kis mértékű emelkedést okozott az alapi résznél, eltérően a serkentőszeres bemártás helyétől. A 'Marianna GF 8-1' alany esetében a kezelt alapi rész 80 nap után érte el maximális IES koncentrációját (16,46  $\mu\text{g/g}$ ), ami ebben az időpontban az összes kezelést megelőzte (**21. ábra**). A talpi kezelések helyén a maximum értéket 19 nap múlva mértük a serkentőszeres bemártást követő mintaszedési alkalomnál, a csúcskezelés hatására bazipetálisan áramló IES megkésve, időeltolódással okozta a natív auxinszint maximumát a dugványok talpi részében. A 'St. Julien GF 655/2' fajta szintén hasonlóan viselkedett (**21. ábra**), mindkét fajta esetében a csúcskezelés pozitívan hatott a gyökeresedésre, viszont a kihajtást gátolta.

A csúcskezelések hatására a dugványok nem tudtak kihajtani, rügyeik gátlás alá kerültek. Egyedül a 'Marianna GF 8-1' fajtánál találtunk néhány megkésve kihajtó dugványt. A kezelések gyenge lokális kalluszosodást eredményeztek a talpi serkentés markáns hatásához képest.

A 'Fehér besztercei' alanynál az IES maximum később eltolódva jelentkezett a talpkezelt dugványok alapi részében, javarészt a kontroll kezelés szintje alatt maradt a dugvány natív auxinszintje (**21. ábra**). Ez alól csak a gyökeresedés stimulálása szempontjából kritikus decemberi időpont volt kivétel, a kezelés erős kalluszosodást, igen gyenge gyökeresedést okozott, szemben a kezeletlen kontroll teljes sikertelenségével és nagyon gyenge alapi duzzadásával. A kalluszosodás mértéke még a 4000 ppm-es IVS-es kezelés indukálta szövetburjánzást is meghaladta, ami azt jelzi, hogy a csúcskezelések módosítják a rügyek aktivitását és anyagcsere folyamatait, így azok kevesebb gátló anyagot termelnek.

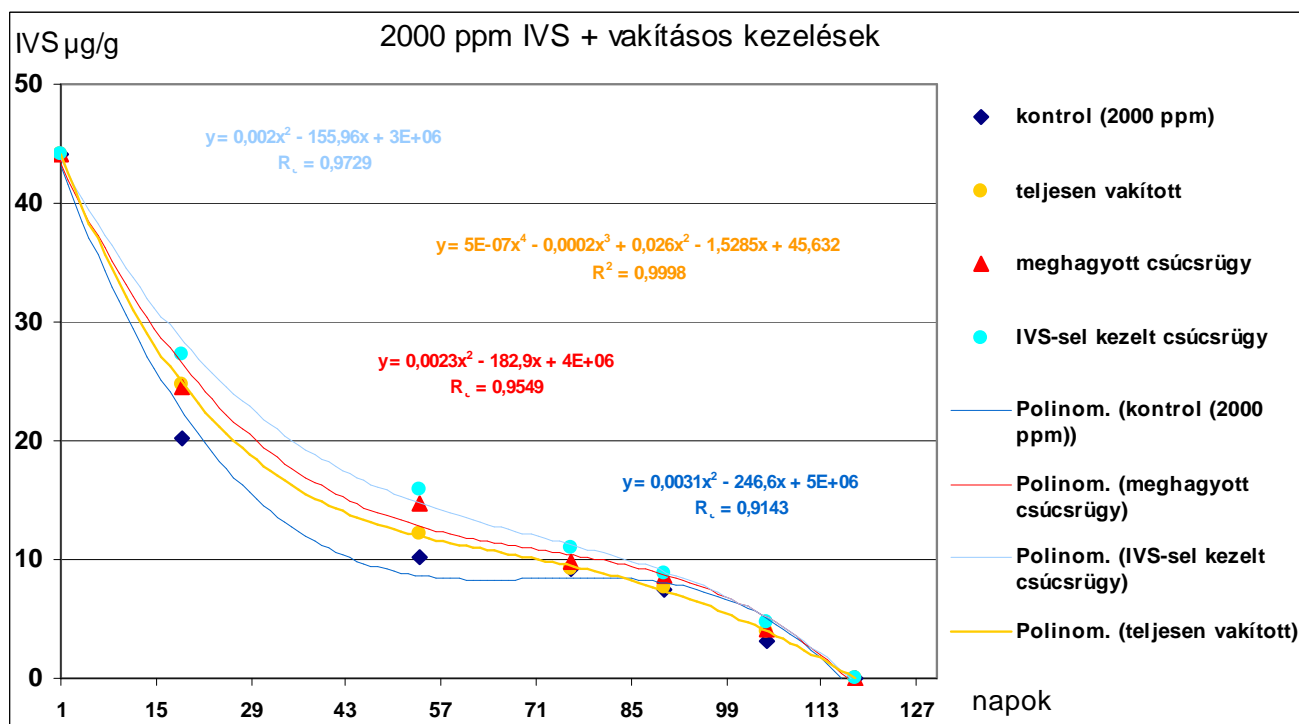


**21. ábra.** A dugványcsúcsok IVS-es bemártásának hatása a fajták indol-3-ecetsav tartalmára (a dugványok alapi és csúcsi részeinél) gyökeresedésük alatt

A rügyek többsége véglegesen alva maradt, nem hajtott ki, a kihajtó rügyek pedig később aktiválódtak. Beavatkozásunk egyúttal bizonyos gyökeresedést serkentő, illetve gátló anyagok szintézisét is befolyásolhatta. A csúcsi rész hormonális egyensúlyát is megváltoztatta. A rügyek elmaradó vagy megkéső, lassú duzzadását tapasztaltuk a 'Marianna GF 8-1' fajta esetében késői fakadás mellett.

#### 4.2.5 A vakításos kezelések hatása az auxinháztartásra és a fenológiai folyamatokra

A vakításos kezelések hatására kismértékben ugyan, de változott a dugványok IVS lebontó képessége (22. ábra). A különböző helyzetű és vakítottágú 2000 ppm-es indol-3-vajsavas serkentésnél a teljes lebontás ideje nem változott meg, csak a lebontási üteme (görbe jellege), meredeksége és a felezési idő. A leggyorsabb, 19 napos indolvajsav felezést a 2000 ppm-es referencia dugványoknál tapasztaltuk, a leghosszabb, 30 napos felezést a csúcskezelt dugványok felső részében mértük. A teljesen vakított és meghagyott csúcsrügyű IVS talpkezelt dugványoknál köztes, 25 nap körüli felezést tapasztaltunk. Eredményeink szerint a dugványok talpi részén a serkentőszer bomlása gyorsabb, a rügyeltávolítás pedig lassítja a serketőszer metabolizmusát. Úgy tűnik, a meglévő rügyekben termelődő anyagok felgyorsítják a mesterségesen adagolt exogén auxinok lebomlását.



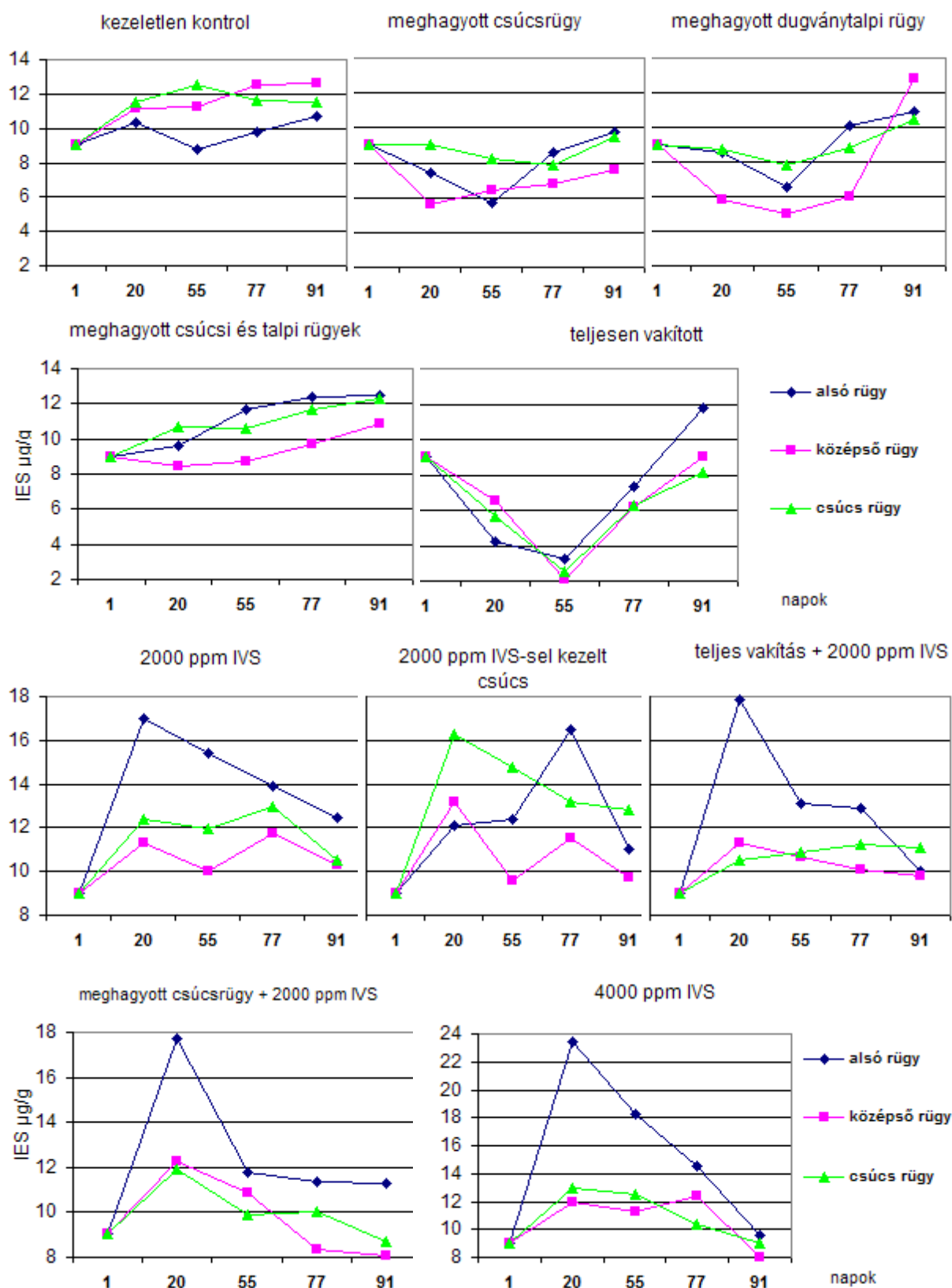
22. ábra. A rügyvakítás és csúcsserkentés hatása a 'Marianna GF 8-1' dugványok IVS lebontására

Azzal, hogy bizonyos rügyeket eltávolítottunk, natív auxint termelő „központokat” számoltunk fel. Az IVS-es kezelések hatására a dugványok natív auxinszintje megemelkedik a mesterséges, exogén auxinok védő hatása miatt (Pan és Gui, 1997; Tartoura et al., 2004), vagy az IES-sé alakulás révén (Epstein és Ludwig Müller, 1993). A 'Marianna GF 8-1' alany endogén auxintartalmának példáján vizsgáltuk az egymással ellentétes irányú beavatkozások hatását.

A kezeletlen kontroll dugványok IES szintje a vizsgált időszakban gyakorlatilag nem változik (**23. ábra**), jellemzően viszont a talpi rész koncentrációja a legalacsonyabb. A decemberi mérési időpontban a talpi rész natív auxinszintje kissé növekszik, a dugványvágás sebzési ingere kis volumenű koncentráció növekedést vált ki gyökeresedési zónánál. A meghagyott csúcsi (V1), és alapi rügy (V2) IES szint változása alig tér el a kontrolltól, mennyiségükben kicsit alatta maradnak, együttes meghagyásuk (V3) pedig nem okoz mérhető eltérést. Csupán árnyalatnyi különbségek láthatók, szemben a teljes vakított rügymentes dugványok markáns eltéréssel (V4).

Ha csak a csúcsrügyet hagytuk meg (V1), az IES koncentráció kicsit csökkent a gyökeresedés következő 90 napjában a talpi résznél, a csúcsnál kicsit magasabb koncentrációt tapasztaltunk (**23. ábra**). Ha csak az alapi rügyet hagytuk meg (V2), 60 napig minden dugványrészben kis natív auxin koncentráció csökkenést tapasztaltunk, az alapi és csúcsi rügyek együttes meghagyása (V3) a kontrollhoz nagyon hasonló eredményt adott. A csúcsi és talpi rész koncentrációja magasabb volt. Az összes rügy eltávolítása (V4) szignifikáns változást, csökkenést okozott. A kiindulási 9,03 µg/g-os indol-3-ecetsav koncentráció a töredékére, 2-3 µg/g-ra változott a januári hónapra. Ezt követően viszont növekedést tapasztaltunk, a talpi rész tartalmazta a legtöbb auxint. Mérési eredményeink szerint a teljesen vakított dugványok képesek voltak auxint szintetizálni a rügyeik jelenléte nélkül. Az indol-3-ecetsav termelés a mélynyugalmi időszak végén, februárban (a 70. nap után) indult be.

Az indol-3-ecetsavval kezelt vakított és meghagyott rügyű dugványok IES koncentrációjának változásai már igen markánsan eltértek a kontrolltól. Méréseink alapján a rügyek részleges eltávolítása lassan, és alig befolyásolja a natív auxinszintet, szemben a indol-3-ecetsavas kezelések gyors és drasztikus hatásával. Az IVS-es kezelések hatására az alapi rész IES koncentrációja bizonyult mindig a legmagasabbnak a csúcsi serkentés kivételével. A 2000 ppm-es indol-3-ecetsavba mártott dugványok hormonális változásai hasonlóak, a vakításos kezelések hatásai alig észrevehetőek a serkentőszeres kezelés jóval erősebb hatása miatt. A nem vakított, de serkentett dugványok esetében szinte lineáris IES koncentráció csökkenést tapasztaltunk a 19. napon mért maximum után, a csak csúcsrügyes (B1) és rügytelen (B0) kezeléseknél a natív auxin bomlása kicsit gyorsabb volt. A dugványtálpak IVS-es kezelése kis mértékben a középső és csúcsi részek natív auxinszintjét is megnövelték. A dugványcsúcs serkentőszeres kezelése először lokális natív auxinszint növekedést okozott, a gyökeresedés 19 napja után már a talpi rész koncentrációjának megemelkedését tapasztaltuk.



**23. ábra.** A vakításos és IVS-es kezelések és kombinációik hatása a 'Marianna GF 8-1' dugványok IES tartalmára

#### 4.2.6 A melegtalp-kezelések hatása a fajták dugványainak auxintartalmára

Az auxintartalom változásait a melegtalp-kezelés esetén a 'Marianna GF 8-1', a 'St. Julien GF 655/2' és a 'Fehér besztercei' fajták esetében vizsgáltuk. Mindhárom szilvaalany dugványainál tapasztaltuk az indol-3-vajsav lebontásának felgyorsulását a kezelés hatására (**24. ábra**). A serkentőszerként adagolt exogén auxin felezési ideje mindhárom esetben 7 nap alá csökkent a 15 °C-os 21 napig tartó talpkezelés hatására, szemben a kezeletlen dugványok majdnem több mint háromhetes felezési idejével. A 'Fehér besztercei' fajtánál mind a kezeletlen, mind a talpfűtött dugványok esetében hosszabb ideig tartó IVS lebomlást tapasztaltunk. A 4000 ppm-es IVS oldatba mártott dugványok esetében 86 nap múlva is mérhető koncentrációban volt jelen a serkentőszer, míg a többi fajta esetében már nem detektáltuk ezt a vegyületet.

A vizsgált három fajtánál a dugványok talpi (alapi) és csúcsi részeinek indolecetsav koncentráció változásait is nyomon követtük. A talpfűtés során a dugványok csúcsi és talpi része eltérő hőmérsékletű kezelést kapott. A dugványok alapi részének biokémiai folyamatait a 15 °C-os meleg aktivizálta, a csúcsi rész folyamatait a hidegebb levegő hőmérséklete csillapította. Kísérletünkben nagy hangsúlyt kívántunk fektetni az eltérő adottságú csúcsi és alapi helyek hormonális változásainak nyomonkövetésére. A kihajtás és gyökeresedés egyensúlyához kötődő auxinszint háttérének feltárásához, a talpmeleggel kezelt és a kezeletlen dugványok esetében különböző koncentrációjú IVS-es serkentést alkalmaztunk.

A 'Marianna GF 8-1' fajta dugványai esetében a melegtalp-kezelés hatására a talpi részek indolecetsav tartalma láthatóan megnőtt már az első héten a kezeletlen kontrollhoz képest (**25. ábra**), ahol a növekedés heteken át lassan, elhúzódóan tartott. A talpkezelés hatására már a kontroll esetében is 7,8 µg/g-ra emelkedett az IES koncentráció a dugványok talpi részében az első hét végére, a 2000 ppm-es kezelésnél 10,26 µg/g-ra, a 4000 ppm-esnél pedig már 11,86 µg/g-ra. Az első héten jelentkező auxin maximum után a talpkezelt IVS-be mártott dugványok esetében indolecetsav koncentráció csökkenés következett be, amíg koncentrációjuk be nem állt a 8 µg/g körüli szintre.

Az A/F érték olyan arányszám, amit a dugvány alapi és csúcsi részének hormonkoncentráció hányadosából kapunk. Ha értéke nagyobb mint egy, akkor a dugvány talpi része tartalmaz több natív auxint, s ez a járulékos gyökérképződés szempontjából kedvező. Ha az arányszám egy alatt van, akkor csúcsi auxin túlsúly alakult ki, ami inkább a kihajtás, rügyfakadás irányába módosítja a dugvány belső folyamatait. Az erős csúcsi auxin túlsúly a gyökeresedés szempontjából kedvezőtlen, mert a talpi rész megnövekedett auxinszintjére lenne szükség a gyökeresedés stimulálásához. Az auxinok az intenzíven növekedő részekben (hajtásokban és rügyekben) termelődnek, ha a csúcsi



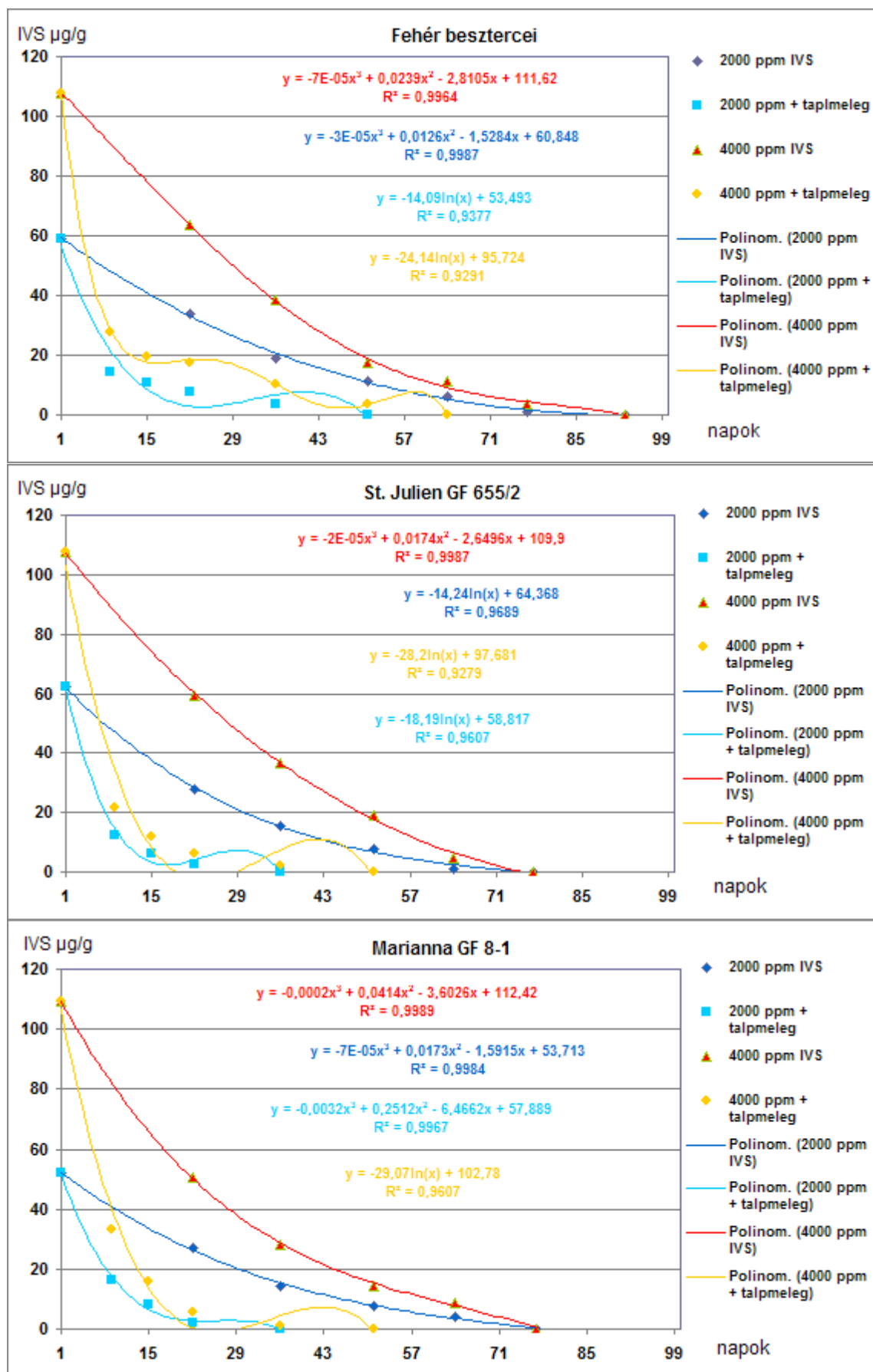
auxin túlsúly erős, azt a rügyek közeledő fakadását jelzi (Nagar és Sood, 2006), hiszen az aktívan osztódó szövetekre jellemző a megemelkedett auxin gradiens.

Ha a 'Marianna GF 8-1' fajta alapi és csúcsi részek IES tartalmának hányadosát nézzük (A/F), látható, hogy a talpkezelés hatására az indol-3-vajsavval kezelt dugványok legmagasabb értéküket az első héten érik el 1,4 feletti értékkel (**26. ábra**). A talpmelegen tartott kontroll, és a többi kezelés a maximumát csak a második héten éri el. A talpmeleg hatására a talpi rész auxin túlsúlya hamar lecsökken, február közepére 1 alatti értéket vesznek fel, szemben a hűtőtárolóban tartott dugványok lassú csökkenésével.

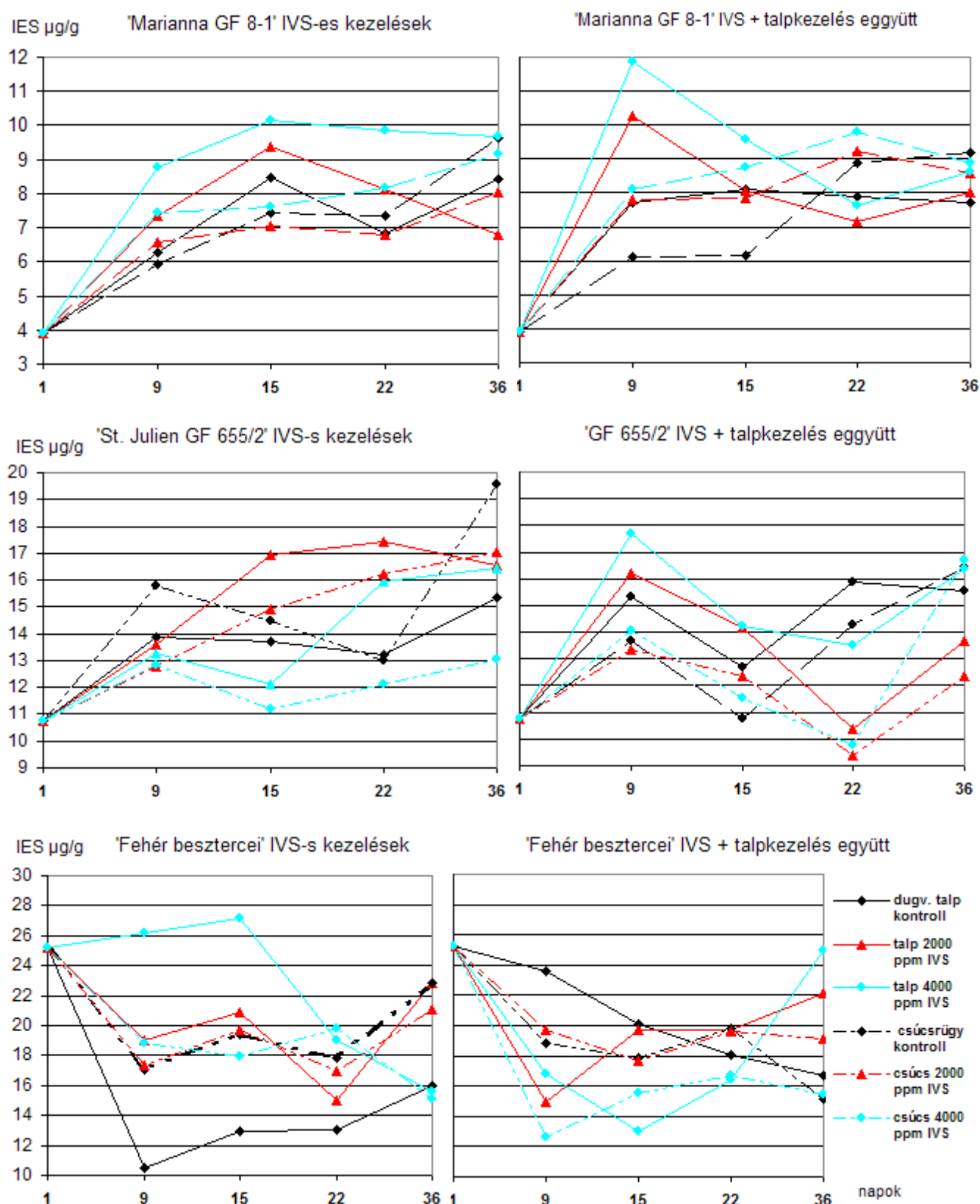
Úgy találtuk, hogy a talpmeleg kezelés és az indol-vajsavas bemártások hasonló nagyságú IES koncentráció és A/F változást eredményeztek, az IVS-es és melegtalp-kezelések között hierarchikus sorrend nem volt az erősségükben. A kombinált kezelések hatásai összeadódtak, nagyobb mértékben növelték a dugványok indol-3-ecetsav koncentrációját a szimpla kezelésekhez képest. A fajta jellegzetessége, hogy a talpmeleg hatására gyorsan megnő a natív auxinszint, amit gyors csökkenés is követ, szemben a hűtőtárolóban tartott egyedek lassú hormonális folyamataival. A melegtalp-kezelés hatására 'Marianna GF 8-1' alany hormonális változásai sokkal jobban felgyorsulnak a többi fajtához képest. Ez a fajta reagál legérzékenyebben a talpmeleg-kezelésre.

Az 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében a talpkezelés hatására egyértelműen megnőtt az alapi rügyek indol-3-ecetsav tartalma a csúcsrügghöz képest már egyhetes kezelés után (**25. ábra**). A talpkezelések nagy auxinszint különbséget eredményeztek a csúcsi és talpi rész között, amit a fajta A/F ábrája még jobban szemléltet (**26. ábra**).

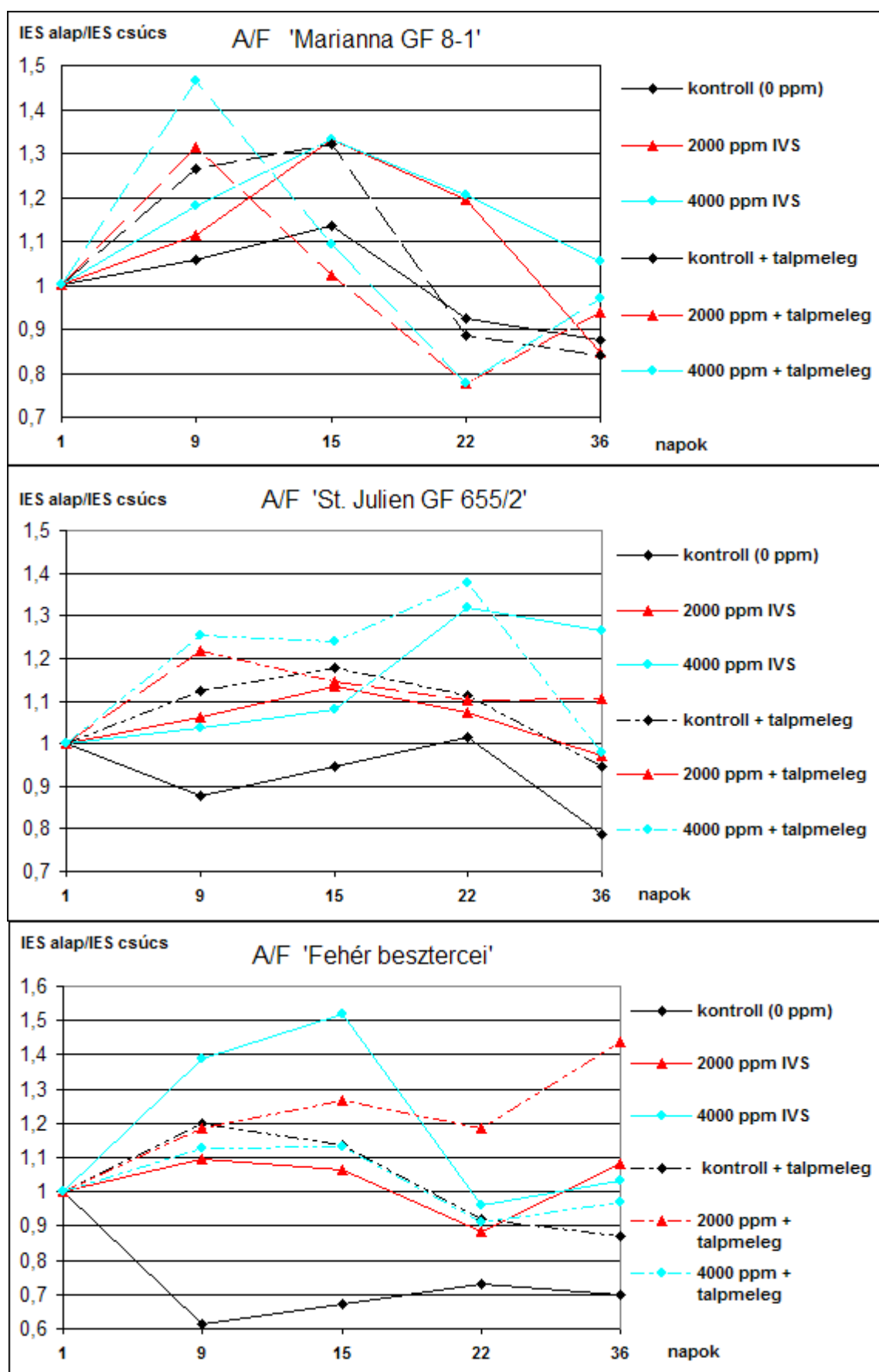
A melegtalp-kezelés hatására a 'St. Julien GF 655/2' dugványok talpi és csúcsi részének hormon hányadosa (A/F) már az első héten nagyon megnőtt 1,1 feletti értékeket tapasztaltunk, szemben a hűtőtárolóban lévő dugványok 1,1 alatti hányadosával. Az arányszám nagyságbeli sorrendje igen jellemzően alakult ebben az időpontban. A hűtőtárolóban lévő kontroll aránya a legkisebb, még egy alá is csökkent a kiindulási állapothoz képest, amit a mellette lévő indol-3-vajsavas kezelések követnek koncentrációjuk növekvő sorrendjében, de köztük már kicsi az eltérés. A talpmeleggel kezelt kontroll következik ezután, amit szintén az IVS-sel kezelt dugványok követnek növekvő sorrendben. A melegkezelés hatására a natív auxin arány a bemutatott időszakban egy felett maradt, a 4000 ppm-es kezelés értékei voltak a legmagasabbak a 'St. Julien GF 655/2' fajtánál.



24. ábra. A melegtalp-kezelés hatása a fajták IVS lebontásának sebességére (2008/09)



**25. ábra.** A melegtalp-kezelés hatása a fajták különböző koncentrációjú IVS-el kezelt dugványok csúcsi és alapi (dugványtalpi) rügyeknek IES tartalmára



**26. ábra.** A melegtalp-kezelés hatása a fajták különböző koncentrációjú IVS-sel kezelt dugványok alapi és csúcsi (felső) rügyeinek IES hányadosára (A/F)

A 'St. Julien GF 655/2' alanynál az IES koncentrációt és az A/F arányt mind a talpmeleg, mind az önálló indol-3-vajsavas kezelés hasonló mértékben növelte meg a kezdeti első időszakban. A kétféle (IVS és talpmeleg) kezelés hatás intenzitás tekintetében nem találtunk hierarchikus sorrendet (hatásuk ereje egyforma volt), a kétféle kezelés kombinációjánál a hatások összeadódtak.

A 'Fehér besztercei' fajta indolecetsav koncentrációjának változása igen eltér a többi fajtától (**25. ábra**). Látható, hogy hormonkoncentráció emelkedést egyedül a 4000 ppm-es kezelés esetén tapasztaltunk (kb. 27 µg/g-ra) kilenc nap elteltével, az összes többi esetben csökkenést figyeltünk meg. A kezeletlen kontroll esetében töredékére, 10,5 µg/g-ra csökkent az indolecetsav koncentrációja. Mind a talpkezelések, mind a 2000 ppm-es IVS oldatba mártott dugványok esetében kisebb mértékben csökkent a koncentráció, a kontrollhoz képest a kezelések lassították az IES lebomlását. A különböző kezelések átlagát nézve először csökkenést, majd minimum szint utáni gyenge növekedést tapasztaltunk a dugványok indol-3-ecetsav szintjét mérve, a talpkezelés esetében sokkal markánsabb volt a csökkenés és növekedés, a változást harang alakú görbével írhatnánk le.

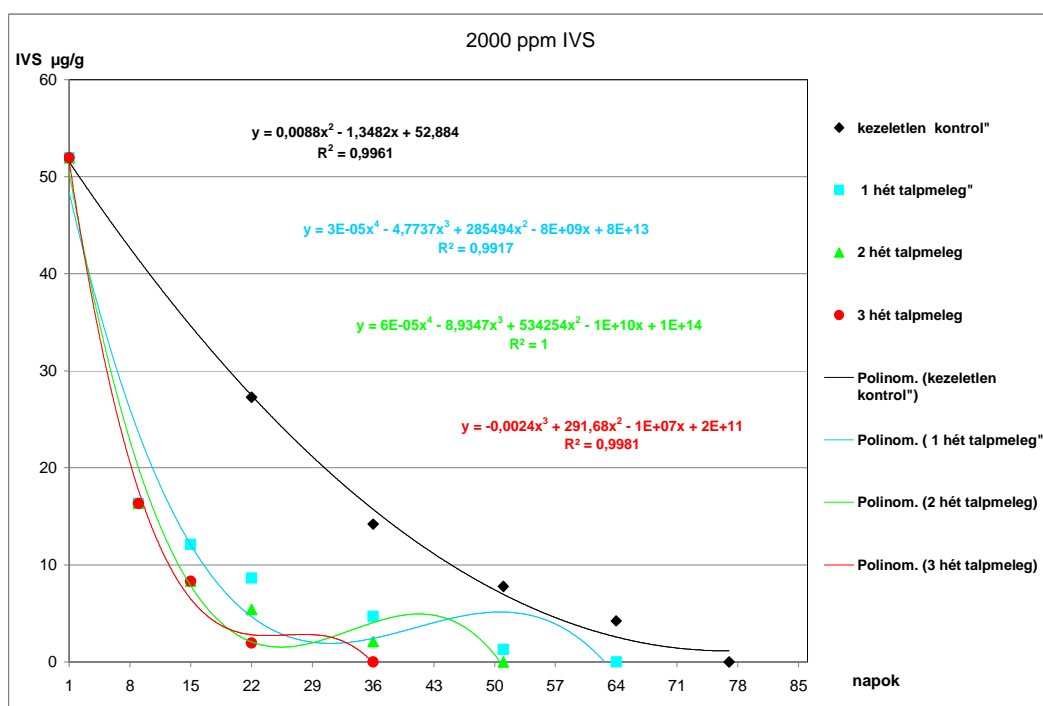
Ha az A/F görbét nézzük (**26. ábra**), úgy jóval szembetűnőbbek az egyes kezelések különbségei a 'Fehér besztercei' fajta esetében. Látszik, hogy a kezeletlen kontroll esetében nagyon alacsony a talpi rész auxin koncentrációjának aránya a csúchoz viszonyítva. Kontrasztként a 4000 ppm-es IVS-es kezelés hatására ez az arány elérte az 1,5-ös értéket, a kezelés erőteljes natív talpi auxinszint túlsúlyt eredményezett, ami igen kedvező hormonális körülményeket teremt a járulékos gyökérképződéshez. Az 2000 ppm-es IVS és az összes melegtalp-kezelés hasonló eredményt adott, az első két alkalommal a talpi rész gyenge natív auxin dominanciáját biztosították, potenciálisan teljesítve a stimulációs szakasz hormonális egyensúlyi arányát a gyökérképződéshez. Az abszolút kontroll kezelés nagy arányú csúcsi indolecetsav túlsúlya inkább a dugványrügyek fejlődésének, kihajtásának, és a rügy duzzadásának irányában hat a talpi rész gyökériniciációjának stimulálása és kalluszosdása helyett.

A 'Fehér besztercei' alany esetében az IES koncentráció változása és a talpi és csúcsi rész arányának szempontjából is az indol-3-vajsavas kezelések markánsabb változást adtak a talpmeleghez képest az első két héten. A kétféle kezelés közül az IVS volt erősebb hatással a dugványok natív auxinszint változására, és az alapi rész IES dominanciájában is meghatározóbb szerepet játszott. A kezelések kombinációjánál nem figyeltünk meg additív jelleget. A 4000 ppm-es IVS-es kezelés esetében a talpmeleget is kapott dugványoknál csökkent az IES koncentrációja a hűtőtárolóban lévő példányokhoz képest. A melegkezelés hatására viszont csökkentek az IVS-es kezelések IES koncentrációra gyakorolt különbségei, kisebb eltéréseket tapasztaltunk.

Ha a fajták auxinegyensúlyának változását az A/F értékeit bemutató **26. ábrán** nézzük, látható, hogy a kezelések a legmarkánsabb változást a 'Fehér besztercei' fajtánál okozták, az értékek tág intervallumban változnak (0,6-1,6). A különböző kezelések hatásai a 'St. Julien GF 655/2' fajtánál voltak a leggyengébbek, kisebb, kevésbé markáns auxin túlsúly alakult ki ennél a fajtánál.

#### 4.2.7 A melegtalp-kezelés hosszának hatása az auxinszint változására

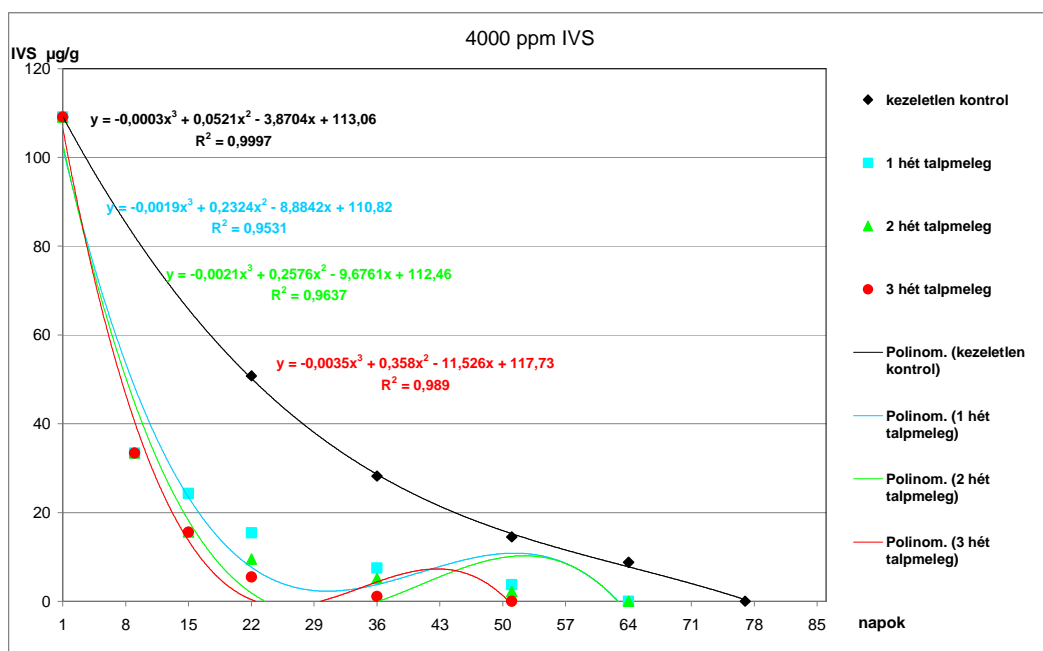
A 'Marianna GF 8-1' alany esetében különböző időtartalmú melegtalp-kezeléseket végeztünk, hogy megtalálhassuk a gyökeresedés szempontjából optimális időtartamot. A kezelések hosszának a dugványok natív auxinszintre gyakorolt hatását és a serkentőszer lebomlásának ütemét szintén megfigyeltük.



**27. ábra.** Az IVS lebomlás üteme különböző időtartalmú melegtalp kezelések esetén (2000 ppm)

Eredményeink szerint a talpmeleg időtartalmával párhuzamosan egyre gyorsabb IVS lebomlást detektáltunk (**27. és 28. ábra**). A 2000 ppm-es IVS-es bemártásnál és háromhetes talpkezelés esetén már 36 nap alatt lebomlott a serkentőszer, a kéthetes kezelésnél 51, az egyhetesnél pedig 63 napig is elhúzódott a bomlási folyamat. A 4000 ppm-es kezelések esetében hosszabb ideig tartott az indol-3-vajsav metabolizmusa, a kéthetes melegtalpfűtést kapott dugványoknál is elérte 63 napot.

A melegtalp-kezelések időtartalmával párhuzamosan a dugványok csúcsi és a talpi részében lezajló indolecetsav koncentráció változását a **29. ábra** mutatja. A hűtőtárolóban tartott dugványokat használtuk referenciaként a kezelések összevetésénél. Látható, hogy a melegtalp-kezelés hatására annak időtartalmától függetlenül gyors IES növekedést tapasztaltunk a dugványok talpi részénél már 9 nap után, szemben a hűtőtárolóban tartott példányokkal, amik két hét múlva érték el az IES maximumukat. A hűtőtárolóban lévő egyedekhez képest a „hőkezelt” dugványok csúcsi indolecetsav koncentrációja kissé jobban megemelkedett, különösen, ha IVS-es bemártást is kapott a szaporítóanyag. A 4 °C-on tartott dugványokat a lassú és folyamatos IES koncentráció növekedés jellemezte mind a csúcsi, mind a talpi területeken. A csökkenő tendencia nem volt jellemző. Ezzel szemben a talpkezeléseknél a dugványtalpak IES koncentrációjának első héten elért maximumát csökkenés követte, amíg a koncentráció el nem érte a 8-9 µg/g körüli szintet.



**28. ábra.** Az IVS lebomlásának üteme különböző időtartalmú melegtalp-kezelések esetén (4000 ppm)

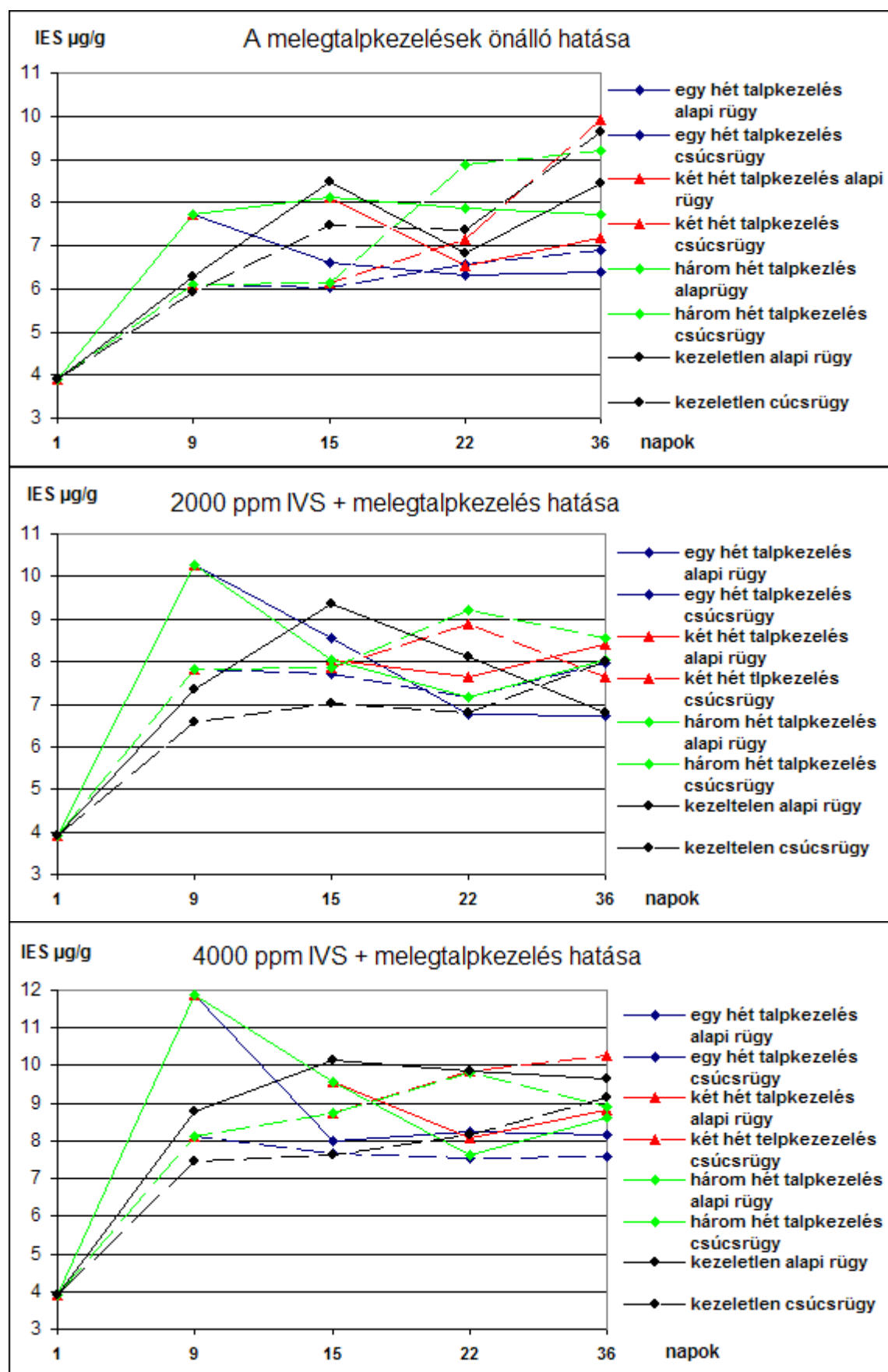
A különböző időtartamú melegtalp-fűtések hatására az IVS-el nem kezelt dugványoknál 30 – 36 nap múlva egyre magasabb átlagos indol-3-ecetsav koncentrációt kaptunk a kezelés időtartalmával párhuzamosan. Itt jelentkezett a legnagyobb különbség a kezelések között. A hosszú melegtalp-kezelés hatására megnőtt a natív auxinszint, a rügyek merisztematikus szövetei az osztódási hormon hatására aktivizálódnak, ami a dugványok gyökeresedése és túlélése szempontjából már káros lehet (Macdonald, 1993). Eredményeink szerint a talpfűtés hosszával arányosan csökkent a dugványok túlélési esélye, az egy- és kéthetes kezelések bizonyultak a legeredményesebbek. Vizsgálataink alapján az egyhetes talpmeleg-kezelés már elegendő volt a

gyökériniciációhoz, és a natív auxinszint még le tudott csökkenni a megfelelő szintre, és a korai kihajtás így nem veszélyeztette a dugványokat. A hosszabb kezelések már magasabb auxinszintet eredményeztek, ami kifejezetten károsnak bizonyult az eredés szempontjából. A rövid, egy – kéthetes talpkezelés és utána történő hűtőtárolás eredményességéről irodalmi források is beszámolnak a túl könnyen fakadó taxonok esetében (Hartman et al., 1997).

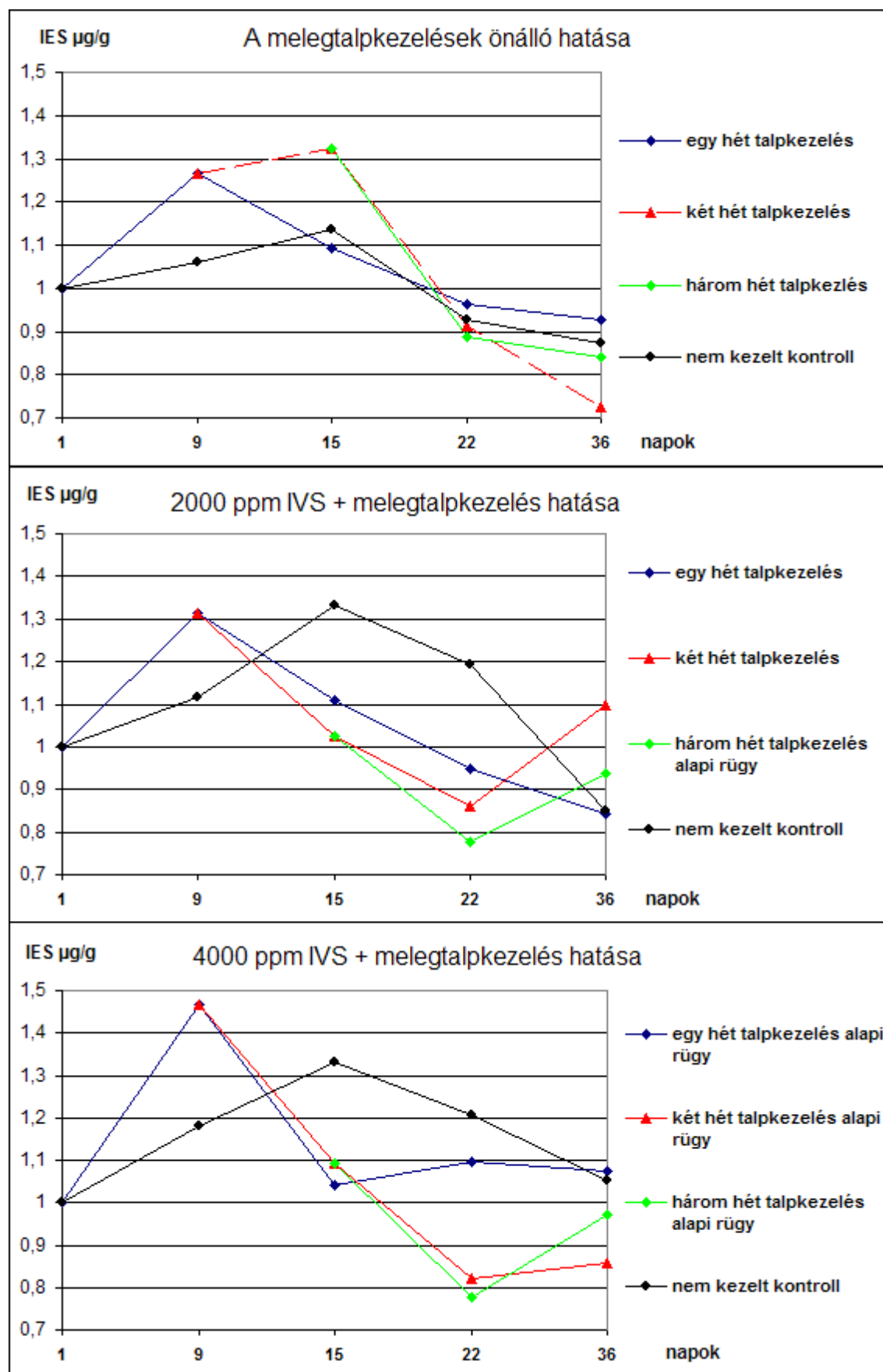
A serkentőszerbe mártott dugványoknál a talpkezelés hossza szintén nem okozott jelentős auxinszint változást, a hűtőtárolóban lévő dugványoktól viszont markánsan eltértek (**29. ábra**). Az IVS-el nem kezelt dugványokhoz képest a 9 napon figyeltünk meg jelentős eltérést, ekkor magasabb auxinszintet mértünk, ami ezt követően csökkent. Ezek a kezelések viszont gyökeresedés szempontjából nem voltak eredményesek.

A **30. ábra** a melegtalpkezelések hosszának az alapi és csúcsi részek IES hányadosára, A/F értékre gyakorolt hatását mutatja. Minden IVS dózisos kezelésnél igaz, hogy a két- és háromhetes talpmeleg-kezelések alig tértek el hatásuk tekintetében az egyhetestől. Vagyis a gyökeresedés szempontjából fontos auxin stimulációs folyamatok már az első héten végbemennek. Viszont a hosszabb ideig tartó kezelések a 20 nap után alacsonyabb A/F értékűek voltak, ami magasabb kihajtási hajlandóságot jelez, s ez kifejezetten káros az eredés szempontjából. Markáns különbség a különböző koncentrációjú IVS-es kezelések között, hogy a kontrollnál csak a kéthetes talpkezeléssel sikerült elérni az IES maximumot, szemben a serkentett dugványok 9 nap múlva mért kiugró értékeivel. Az exogén auxinnal nem stimulált két hétig talpmelegen tartott dugványok eredtek a legjobban, az IVS-re való érzékenység miatt a serkentőszerrel kezelt egyedek nagyon rosszul, többnyire egyáltalán nem eredtek meg.





**29. ábra.** A különböző időtartamú melegtalp-kezelések hatása az azonos koncentrációjú IVS-el kezelt 'Marianna GF 8-1' dugványok alapi és csúcsi (felső) rügyeinek IES tartalmára



**30. ábra.** A különböző időtartamú melegtalp-kezelések hatása az azonos koncentrációjú IVS-el kezelt 'Marianna GF 8-1' dugványok IES hányadosára (A/F értékére)

### 4.3 Új tudományos eredmények

1. Az egyes fajták dugványait csoportosítottuk az IVS-es kezelések szükségessége és érzékenysége szempontjából. Az egyes csoportokra IVS kezelési technológiát dolgoztunk ki, megadva az egyes időpontokhoz tartozó ideálisnak tartott serkentőszer koncentrációkat.
2. A dugványtalpak indol-3-vaajsavas bemártása korábbi fakadást okozhat a mirobálán típusú alanyoknál, ami negatívan befolyásolhatja eredésüket. Könnyebben kiszáradhatnak, a gyökérképződés helyett a kihajtásra fordítja a dugvány belső erőforrásait.
3. Feltártuk és összehasonlítottuk a szilvaalany fajták IES szintjét a fásdugványozási időszak ideje alatt. Vizsgálataink szerint a szaporítóanyag natív auxinszintje ősztől csökkent, majd mélynyugalmi (tél középi) minimumszint után növekedni kezdett.
4. Négy szilvaalany esetében vizsgáltuk és modelleztük a különböző koncentrációjú IVS oldatok hatását a natív auxinszintre. Meghatároztuk, hogy a gyökeresedési zóna IVS kezelése milyen mértékben emeli a natív IES koncentrációt. Eredményeink alapján a 'Fehér besztercei' fajta esetében figyeltük meg a legkisebb hatást, míg a 'Marianna GF 8-1' fajta fásdugványainak IVS kezelése jelentősen megemelte azok IES tartalmát.
5. Feltártuk a melegtalp-kezelésben részesült és hűtőtárolóban tartott szilvaalany fásdugványok IVS felvételének és lebontásának sajátosságait. Megállapítottuk, hogy a fajták eltérő ütemben és felezési idővel bontották le a serkentőszert, ami a serkentőszer érzékenységük szempontjából meghatározó tulajdonságnak bizonyult.
6. A 'Fehér besztercei', 'St. Julien GF 655/2', 'Marianna GF 8-1' szilvalanyok dugványainak esetében feltártuk a melegtalp-kezelés hatását a dugványok talpi és csúcsi részeinek IES szintjére.
  - Megállapítottuk, hogy a szilva fásdugványok esetében a gyökeresedési zóna IES dominanciáját fokozta a melegtalp-kezelés.
  - A 'Marianna GF 8-1' alany dugványai esetében a kezelés idejének auxinszintre gyakorolt hatását is vizsgáltuk, és megállapítottuk, hogy a magas auxinkoncentráció kialakulása a dugványban már az első héten bekövetkezik, s ezután már nincs szükség további melegtalp-kezelésre.
  - Az A/F értékkel jellemeztük a dugványok talpi és csúcsi részének indol-3-ecetsav hányadosát, és mind a melegtalp-kezelések, mind az IVS-es kezelések hatására a gyökeresedési zóna auxintúlsúlya fokozódott a csúcsi részhez képest.

## 5. Következtetések és javaslatok

A szakirodalmi források többsége őszi, és mélynyugalom utáni eredési maximumokról számol be a szilvaalany fásdugványok esetében (Hartmann, 1997; Erbil, 1997; Szecskó, 2002) télközépi minimum eredés mellett. A legtöbb kutató az őszi időszakot tartja a legeredményesebbnek a gyökeresési arányok alapján (Guerriero és Loreti, 1975; Szecskó, 2004), ezt a mi kísérleteink is megerősítik. Mindhárom évben a tél végi, tavaszi kihajtás előtti gyökeresedési időszak teljes elmaradását tapasztaltuk, ami ellentmond a szakirodalmi adatoknak (Szecskó, 2002; 2003). Az eltérést az időjárási körülményeknek, a szokatlanul enyhe és rövid teleknek és a gyors tavaszi felmelegedésnek tulajdonítjuk. Kísérleti munkánk során a szaporítási időszak lerövidülését tapasztaltuk. A mélynyugalmat követő dugványszedési időpontot erősen kockázatosnak találtuk, csak az ősszel szedett dugványok eredtek biztonságosan. A Szecskó (2004) többéves adatai szerint a 'Fehér besztercei' fajta számára az optimális dugványszedési időszak decemberre esik, a mi esetünkben november hónapban szedett dugványok gyökeresedetek a legnagyobb arányban, de itt is csak 43 %-os eredést sikerült elérnünk a már említett forrás 70 % feletti eredményeivel szemben.

A fajták közül a mirobáln típusúakat lehet a legeredményesebben szaporítani hazánkban, a 'Fehér besztercei' nagyon érzékeny az időjárási körülményekre, és kísérleteink szerint a 'St. Julien GF 655/2' fajta is annak mondható. Ez utóbbi fajtánál 71 %-os maximális eredést értünk el, ami igen jó eredmény, bár nem éri el csak megközelíti Szecskó (2004) 80 % körüli eredményeit, viszont csak szűk időintervallumban tapasztaltuk a legnagyobb gyökeresedési készséget, szemben a mirobáln alanyok hosszú ideig tartó, szintén eredményes gyökeresedésével. Szecskó (2002, 2004) minden évben hosszabb eredményes szaporítási időszakról számolt be.

Rendkívül összetett kérdés, hogy az egyes szilvaalany fajták fásdugványai számára milyen koncentrációjú IVS-es kezelés jelenti az optimális dózist. A szakirodalomban óriási eltéréseket lehet találni az egyes szerzők eredményei között, ami kérdés komplexitását és tisztázatlanságát is jelzi. Eredményeink szerint a dugványszedés időpontjától erősen függ a serkentőszer optimális mennyisége. Igaz, hogy az időzítés alapvetően meghatározza az eredési eredményeket, ám a gyökeresedési százalékot erősen befolyásolja az indol-3 vajsav dózisa, különösen a szaporítási szempontból ideális őszi időszak után. Kísérletünk során célunk volt minél részletesebben feltárni azokat az összefüggéseket és okokat, amik révén a fajták számára az optimális IVS dózis meghatározhatóvá válik.

Eredményeink szerint a 'Kisnánai lószemű' fajtát nem érdemes fásdugványozással szaporítani. A 'Fehér besztercei' fajta esetében a legnagyobb, 44 %-os eredést a 4000 ppm-es kezeléssel értük el, ezért ezt a serkentőszer koncentrációt ajánjuk a fajta számára, viszont Szecskó (2004) kísérleteiben a 2000 ppm-es kezelés szerepelt a legjobban ennél a magyar fajtánál. A

'Marianna GF 8-1', 'MY-BO-1', 'Ishtara' fajtáknál október végén a 4000 ppm-es kezelés eredményeink alapján a legcélravezetőbb. Novemberben és december elején a 2000 ppm-es dózis a legeredményesebb, ezután érdemes elhagyni a kezeléseket. A 'Myrobalan B', 'MY-KL-A', 'St. Julien GF 655/2' fajták érzékenyek az IVS túlادagolásra, a fajták érzékenysége a leírt sorrend szerint nő, ezért október és november hónapokban a 2000 ppm-es bemártást, utána a kezelések teljes elhagyását ajánjuk. A legérzékenyebb 'St. Julien GF 655/2' fajtánál már november végén is a kezeletlen kontrollt találtuk a legkedvezőbbnek a gyökeresedés szempontjából.

Arra a kérdésre, hogy miért az őszi időszakban igényelnek magasabb serkentőszer koncentrációt a dugványok, direkt az irodalmi adatok alapján nem kaptunk választ. Howard (1980) álláspontja szerint ősszel a szilvaalanyokban gyökeresedést gátló, tavasszal pedig gyökeresedést serkentő (kofaktor) vegyületek találhatók, a gátló vegyületek jelenlétét indirekt módon mi is igazoltuk. A teljesen vakított dugványok esetében a 'Marianna GF 8-1' alanynál majdnem száz százalékos (96 %) gyökeresedést tapasztaltunk szemben a kontroll dugványok 40 %-ával, amikor a rügyeket 2000 ppm-es IVS-es bemártással blokkoltuk szintén hasonló eredményt kaptunk (94 %). Sőt a 'St. Julien GF 655/2' fajtánál a 2000 ppm-es talpkezeléshez képest 10 %-ról 82 %-ra nőtt a gyökeresedés, a 'Fehér beszteerci' fajtánál pedig a csúcskezeléssel kezelt dugványok egy része meg is gyökeresedett, szemben a kezeltelen kontrollok teljes eredménytelenségével. Ez azt mutatja számunkra, hogy mindhárom fajtánál jelen vannak a gyökeresedést gátló vegyületek, hatásereőségük a mirobalán alanyoknál lehet a leggyengébb.

Úgy gondoljuk, hogy az őszi időszakban a gyökeresedést gátló anyagok hatásának leküzdéséhez, kompenzálásához igénylik a dugványok a nagyobb koncentrációjú serkentőszert. A kutatók úgy tartják, hogy bizonyos inhibitor vegyületek hatása exogén auxinos kezelésekkel csökkenthető (Brian et al., 1960; Ma et al., 1998), egyes források szerint a serkentőszer dózis növelésével a gátló hatás akár teljesen meg is szüntethető (Chen et al., 1995). Als mosthaghi és Shamsavar (2010) kísérletei szerint a gátló anyagokat termelő, nehezen gyökeresedő taxonoknál magas serkentőszer dózis alkalmazása a célra vezető. A legelfogadottabb vélemények szerint a fejlődő gyökerek száma a gyökeresedési zóna auxinmennyiségével arányos (Chen et al., 1995; Bastin, 1996), azonban eredményeink szerint a fajták IVS-sel nem kezelt kontrolloinak gyökérszáma emelkedett a szaporítási időszak folyamán, pedig a szaporító anyag natív auxintartalma méréseink alapján februárig csökkent.

A belső közeg fokozódó auxin 'érzékenysége' köszönhető, hogy a gyökeresedést serkentő hormon alacsonyabb koncentrációban is magasabb gyökérszámot tud eredményezni mint előtte, az őszi időszakban gátló vegyületek jelenléte korlátozza az auxinok stimuláló hatását.

Az a tény, hogy a teljesen vakított 'Marianna GF 8-1' dugványok majdnem mind meggyökeresedtek annak ellenére, hogy gyökeresedük során a natív auxinszintjük 60 nap alatt a kiindulási szint harmadára csökkent azt jelzi számunkra, hogy a gyökeresedéshez szükséges minimális auxinszint végig jelen van a mirobalán típusú alanyoknál a teljes fásdugványozási periódus ideje alatt, csak más endogén tényezők mint például a gátló vegyületek hatására a belső környezet auxin „érzékenysége” folyton változik.

Érdekes és kissé ellentmondásos eredményeket kaptunk a kalluszosodás és gyökeresedés összefüggéseit vizsgálva. A különböző koncentrációjú IVS-es kezelések esetében a 'Fehér besztercei' fajtát kivéve Hartman (1997) álláspontjának megfelelően nem találtunk összfüggést a két jelenség között. Amikor a kalluszosodásban az endogén auxinok játszották a főszerepet a vakításos és csúcserkentéses kísérleteknél, ott a kalluszosodás mértékének emelkedésével nőtt a gyökeresedett példányok száma, ami Sklodis (1990) véleményét erősíti meg, miszerint a kalluszosodás meghatározó lehet a gyökeresedés szempontjából, vagyis a két jelenség nem teljesen független. A nagyon rosszul kalluszosodó 'Fehér besztercei' fajtánál és a többi fajta talpkezelt dugványainál tapasztaltuk legnagyobb mértékben, hogy a talpi szövetosztódás teljes elmaradása az esetek többségében tényleg a gyökeresedés teljes kudarcát eredményezi, ahogy azt Hübl (1987) is leírta a 'Mirabella' szilvák esetében.

A fajták optimális IVS dózisének megállapításánál minél több tényezőt igyekeztünk figyelembe venni (**16. táblázat**). A kezelés szükségessége alatt azt értjük, hogy a fajta képes volt-e serkentőszerez bemártás nélkül gyökeresedni. Eredményeink szerint a 'Fehér besztercei' nem volt képes, ez ellentmond Szecskó (2004) vizsgálatainak, ahol 10 %-os maximális eredést tapasztalt. Csúcserkentéses kísérletünkben ezt a fajtát sikerült a talpi rész direkt serkentése nélkül meggyökeresíteni.

A mirobalán alanyok egy részére jellemző nekrosis mint hiperszenzitív reakció gyors és hatékony védekező mechanizmus lehet az IVS túlادagolással szemben, a szövetelhalás révén szabadulhatnak meg a dugványok a felesleges serkentőszertől. Mi is találtunk sérült, de túlélő dugványokat, többször számottevő eredést tapasztaltunk. A szövetek feketedése egyúttal a túlادagolás tényét és a szaporítási ráta romlását is jelzi. A gyökeresedési zóna gyors IVS lebontása szintén hatásos védekező mechanizmus, akár csak a gyors felezési idő (14 nap), ezek mind a mirobalán típusú alanyok sajátosságai. A 'St. Julien GF 655/2' fajtának fokozza az érzékenységet, hogy az IVS felezési ideje közepesen hosszú (30 nap), és a serkentőszer is lassabban bomlik le.

A 'Fehér besztercei' fajta gyökeresedését kifejezetten elősegítette a serkentés, érzékenységgel ennél a fajtánál 4000 ppm-es IVS dóziséig nem találkoztunk.

Ezek a tulajdonágok alapvetően meghatározzák a fajták érzékenységét a túl magas serkentőszer koncentrációval szemben. Jellemzik a fajták potenciális belső védekezési mechanizmusát „túlkezelés” esetén.

**16. táblázat.** A szilvaalany fajták dugványainak csoportosítása az IVS-es kezelés szükségessége és érzékenység szerint

csoport	1	2	3	4
fajták	Fehér besztercei	Marianna GF 8-1, MY-BO-1, Ishtara	1. MY-KL-A 2. Myrobalan B	St. Julien GF 655/2
Szükségesség	esszenciális	—	—	—
IVS lebontás*	lassú	gyors	gyors	lassú
IVS felezés*	lassú (50 nap)	gyors (14 nap)	gyors (14 nap)	közepes (30 nap)
nekrózis érzékenység*	—	—	++,+++	—,(+)
IVS hatás erőssége az IES szintre (%)	30%	65–100%	65–100%**	65%
pusztulási érzékenység	—	—,+	+,++	++,+++

\* ezek a készségek határozzák meg azt, hogy IVS túlادagolás esetén a fajta milyen gyorsan tud megszabadulni a felesleges serkentőszer mennyiségtől

\*\* feltételezett érték

1. 2. a nekrosis érzékenység sorrendje

A szövetek IES termelő képessége fokozódik az IVS-es kezelések hatására, a legkülönbözőbb fásszárú taxonnál bizonyították már, hogy az IVS IES-sé alakulhat (Baraldi et al., 1993; van der Krieken, 1992; Epstein és Lavee, 1984; Epstein és Ludwig-Müller, 1993), illetve a natív auxinok védő szubsztrátjaként is viselkedhet (Breen és Muraoka, 1973; 1974; Hartman, 1997). A fajták közt jelentős különbségek vannak gyökeresedési zónában lévő egységnyi serkentőszer dózis hatására keletkező natív auxinszint mennyiségében. A 'Fehér besztercei' fajtánál kaptuk a leggyengébb válaszreakciót, a 'Marianna GF 8-1' alanyánál ugyanaz az IVS dózis több mint háromszoros IES koncentráció-szintézist indukált a gyökeresedési zónában.

A táblázatban ugyan nem szerepel, de az IVS-es kezelések hatására a mirobalán fajták esetében korábbi rügpattanást tapasztaltunk. A legtöbb kutató szerint a serkentőszer nem befolyásolja a dugványok fakadását (Hartmann et al., 1981; Waheb et al., 2001), egyes eredmények szerint bizonyos taxonoknál gyorsíthatja, másoknál pedig lassíthatja a rügpattanást (Kochhar et al., 2005). A vizsgált négy fajta esetében a 4000 ppm-es IVS-es kezelés rügpattanásra gyakorolt hatása alapján sorrendben a 'Marianna GF 8-1' és a 'Myrobalan B' alanyok fenológiai folyamatai gyorsultak leginkább, amit az 'Ishtara' és 'MY-BO-1' fajták lemaradva követtek. A dugványok korábbi kihajtása legtöbbször a kiszáradásukhoz vezet (Szecskó, 2004), hiszen még nem

rendelkeznek a megnövekedett párologtató felületet ellátni képes gyökerrendszerrel. A 4000 ppm-es IVS-es kezelések hatására keletkezett repedéseket számolva a 'Myrobalan B' (37,5) után a 'Marianna GF 8-1' (15) fajtánál találtuk a legtöbbet, amit a 'MY-BO-1' (7,5) és 'Isthara' (5) fajták követtek, a repedések szintén jól jelezték a fajták serkentőszer érzékenységét.

Az IVS-el szembeni pusztulási érzékenység a fajták serkentőszeres kezelése szempontjából talán legfontosabb tulajdonság, amit a már leírt tényezők mind befolyásolnak. A fajtákat négy csoportba soroltuk ezen fő tulajdonságaik alapján, az egyes csoportok tagjai azonos serkentőszer mennyiséget igényelnek, ezekre a csoportokra dolgoztuk ki az IVS-es kezelés technológiáját (**17. táblázat**). A fajták közül a 'St. Julien GF 655/2' fajta bizonyult a legérzékenyebbnek, a legtöbb dugvány ennél a fajtánál pusztult el a serkentés hatására, itt az óvatosság elvét érdemes követni a kezeléseknél, alacsonyabb serkentőszer dózist érdemes alkalmazni. November után a kezelések teljesen elhagyhatók. Szecskó (2004) kísérleteiben a fajta nem reagált olyan nagyarányú pusztulással mint nálunk, azonban itt is a kontroll volt legtöbbször a legeredményesebb kezelés, ami megerősíti elképzelésünket.

Eredményeink szerint a dugványok indol-3-ecetsav tartalmának szempontjából a gyakorlatban elterjedt gyökeresedési százalék növelését célzó kezelések lényegüket tekintve ugyanúgy hatnak, mind az IVS-es bemártások (Nag et al., 2001), és a melegtalp-kezelés is megnöveli a dugványok gyökeresedési zónájának auxin túlsúlyát a járulékos gyökeresedés kezdeti szakaszában. A gyökeresedést serkentő hormon szintjének megemelkedése nem korrelált a gyökeresedési eredményekkel, a koncentráció növekedés nem eredményezett eredésnövekedést, sőt a fajták egy részénél a megnövekedett IES szint még akár káros is lehetett, sokkal valószínűbb azonban, hogy az IVS zavaró jelenléte lehetett az oka a gyökeresedési százalékok csökkenésének. A melegtalp-kezeléseknél előfordult, hogy a kontroll kezelés ugyanolyan mértékben emelte meg az indolecetsav szintet, mint a 2000 ppm-es IVS-be történő bemártás, az utóbbi esetben nem volt eredés, a kontrollnál igen. A melegtalp-kezelést vagy a csúcsok serkentőszeres kezelését „kíméletesebb” natív auxinszint-emelő eljárásnak találtuk az exogén gyökeresedést serkentő hormonos bemártásokhoz képest.

Egyedül a 'Fehér besztercei' alanyon volt megfigyelhető, hogy az endogén auxinszint emelkedésével nőtt a gyökeresedési hajlam. Amikor a fajtát nem mártottuk IVS-be, nem kezeltük talpmelegen, a dugványszedés utáni első mérési időpontban a natív auxinszint csökkenését tapasztaltuk, a dugványoknak nem a talpi része volt auxin túlsúlyos. Ezt a jelenséget már leírták más taxonok esetében is (Blakesley et al., 1991).

A 'Fehér besztercei' fajta natív auxinszintje volt a legmagasabb (30 µg/g feletti), mégis a dugványszedés után a természetes auxinszint gyors csökkenését tapasztaltuk a kezeltlen kontrolloknál, amiben markánsan eltér a többi szilvaalanytól. Véleményünk szerint a különösen



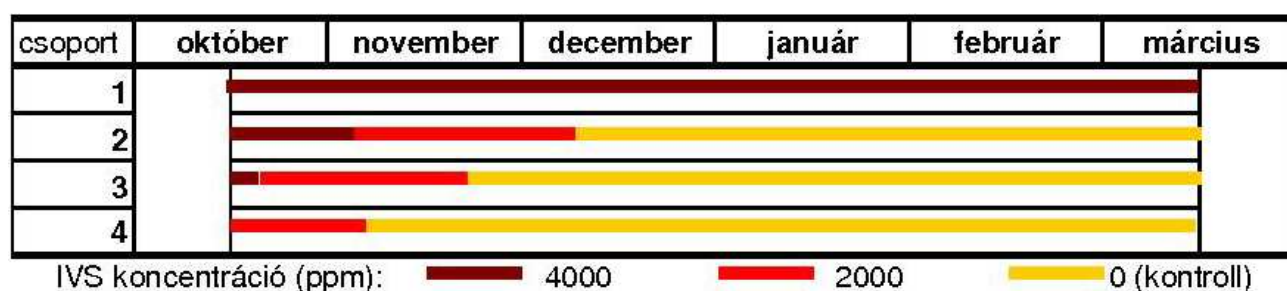
aktív IES oxidáz, peroxidáz enzimek lehetnek a felelősek a gyors natív auxinszint csökkenésért. Szecskó (2004) kísérleteiben ez a fajta a többi alanytól eltérően a legeredményesebben decemberben gyökeresedett, amikor az IES bontásában résztvevő enzimek aktivitása alacsony volt. A fajtára jellemző polifenol koncentrációt a többi referencia fajtához képest alacsonyabbnak találta. A 'Fehér besztercei' dugványok fajlagosan kevés IES védő szubsztrátként működő vegyületet tartalmaznak megnövekedett IES oxidáz és peroxidáz aktivitás mellett. Kísérletünkben a 4000 ppm-es IVS-es bemártásnál tapasztaltuk a legjobb eredést, amikor a kezelés hatására a kiindulási natív auxinszint növekedett, az irodalmi források is általában magasabb serkentőszer dózist ajánlanak a *Prunus domestica* L. fajhoz tartozó alanyok számára (Nahlawi és Howard, 1973; Macdonald, 1993).

Úgy gondoljuk, hogy a szilvaalanyoknál az IVS valószínűleg nem direkt stimulációs hatással vesz részt a járulékos gyökérképződésben, nem közvetlenül hat a gyökériniciálisok kialakítására, sokkal inkább az IES molekulák védelmén keresztül fejti ki hatását a natív auxinszint megemelésével az indukciós szakaszban (Breen és Muraoka, 1973; 1974). Az IVS indol-3-ecetsavvá alakulását is lehetséges magyarázatnak tartjuk (Noiton et al., 1992; Epstein és Ludwig Müller, 1993). Eredményeink szerint a dugványok pusztulásáért legtöbbször egyértelműen az IVS érzékenyséjük a felelős, ugyanis, ha a magas endogén auxinszintet más módon értük el melegtalp kezeléssel vagy csúcserkentéssel, akkor nem tapasztaltunk pusztulást, a „felesleges” natív auxinok lebontása a növényekben gyorsan végbe tud menni, szemben az IVS lassú lebontásával (Jackson, 1996).

## Technológiai javaslatok

A fajtákat csoportosítottuk IVS érzékenyséjük és a serkentőszerhez kötődő egyéb sajátosságaik alapján. Az így nyert csoportokra (**16. táblázat**) kidolgoztuk a fásdugványozási időszak optimális dózisú IVS-es serkentésének technológiáját, amit a **17. táblázat** mutat be. A 'Fehér besztercei' fajta esetében kísérletünkben csak a maximális 4000 ppm-es indol-3-vajsav dózist próbáltuk ki, pedig magasabb koncentrációval is érdemes lenne próbálkozni, különösen az október végi-november eleji időszakban, lehetséges, hogy Szecsó (2004) is az alacsonyabb serkentőszerdózis miatt kapta decemberi gyökeresedési maximumot a többi fajtától eltérően. Az irodalmi források egyértelműen az 5000 ppm-es dózist ajánlják a *Prunus domestica* fajták kezelésére (Hartmann et al., 1997; Nahlawi és Howard, 1973; Macdonald, 1993). Eredményeink szerint dugványok eredése szempontjából az őszi szaporítási időszak a legbiztonságosabb és legeredményesebb. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a 'Kisnánai lószemű' fajta nagyon rosszul ered, nem érdemes szaporítani fásdugványozással.

**17. táblázat.** Technológiai javaslat a különböző csoportokba sorolt fajták serkentéséhez, a dugványszedési időpontokhoz tartozó optimális IVS koncentráció megadásával



A melegtalpfűtés alkalmazása esetében hazai viszonyok között a 15 °C alatti talphőmérséklen végzett rövid ideig tartó egy-kéthetes kezeléseket javasoljuk januárban, az IVS-es serkentések teljes elhagyása mellett. A dugványok a kezelés után hűtőtárolóban tartandók a kiültetésig. A technológia terjedését korlátozza, hogy kísérleti eredményeink alapján olyan biztonságos és magas gyökeresedési százalékokat mint ősszel nem lehet ezzel a technológiával elérni.

## 6. Összefoglalás

A fásdugványozás a legolcsóbb módja a vegetatív szilvaalany szaporításnak ahhoz, hogy a magoncalanyok arányát a termelésben csökkenteni lehessen. Jól működő, kiforrott hazai körülményekhez adaptált szaporítási technológiára van szükség. Nyugat-Európában a szilvalanyok fásdugványozása bevett gyakorlat, hazánkban azonban még nem terjedt el. A szilva fásdugványozás külső körülményeinek vizsgálatával többen foglalkoztak már, elsősorban azért, mert a kísérletek egyszerű eszközökkel is jól kivitelezhetőek. A speciális szaktudást és felszerelést igénylő biokémiai folyamatok tanulmányozásával csak néhány kutató foglalkozott, a területet leíró tudományos munkák ritkaságszámba mennek annak ellenére, hogy az eredmények a gyakorlat számára is jól használható információkat szolgáltatathatnának.

Munkánkkal a szilvalanyok fásdugványozása kapcsán méltánytalanul mellőzött biokémiai jellegű, belső tényezőket feltáró kísérleteket szeretnénk volna pótolni illetve kiegészíteni az auxinok által irányított gyökérképződés folyamatának részletes feltárását tűzve ki fő kutatási célként. Kutatási munkánk másik részét a technológiai fejlesztésre irányuló kísérletek adták. A dugványokat októbertől márciusig szedtük és különböző koncentrációjú (0 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm) IVS-es kezeléseket alkalmaztunk. A szilvaalany fásdugványok melegtalp-kezeléses gyökereztetési technológiájának kidolgozásával is foglalkoztunk.

Kísérletünkben összesen nyolc szilvaalany fajta gyökeresedését vizsgáltuk, figyeltük a dugványok kalluszosodását, kihajtását és a dugványcsometék gyökérszámát. A „Kisnánai lószemű” fajta szinte egyáltalán nem szaporítható fásdugványozással, a legkiegyenlítettebb és legjobb eredményt a mirobáln típusú alanyok adták. A „Fehér besztercei” szilva maximális eredménye csupán 44%-os volt, a 'St. Julien GF 655/2' fajta esetében pedig erősen leszűkült az optimális szaporítási időszak, ami nehezen időzíthetővé tette a dugványszedés időpontjának megválasztását. Az utóbbi fajták a kevésbé kedvező időjárási körülményekre érzékenyebben reagáltak, szemben a mirobáln alanyok jobb alkalmazkodásával.

A legtöbb irodalmi forrás a szilvadugványok esetében jó tavaszi és őszi eredményről számolnak be a gyenge mélynyugalmi gyökeresedés mellett (Szecskó et al., 2004). A vizsgált három évben a szilvadugványok tavasszal egyáltalán nem gyökeresedtek meg, úgy gondoljuk, hogy ezért a klímaváltozás lehet a felelős. A szokatlanul enyhe telek esetében a szaporítási időszak drasztikus lerövidülését tapasztaltuk.

Meghatároztuk a fajták számára optimális IVS-es kezelések koncentrációját a gyökeresedési eredmények alapján a nekrotizis tünetek figyelembe vétele mellett. Eredményeink szerint az optimális serkentőszer dózis nem független a dugványszedési időponttól, ezért több szempontot is figyelembe vettünk a meghatározásánál. A 'Fehér besztercei' fajta esetében a legnagyobb

koncentrációjú 4000 ppm-es IVS-es bemártás bizonyult a legjobbnak, a fajta számára eszenciális volt a serkentőszer használata.

A legtöbb fajta esetében azt tapasztaltuk, hogy a fásdugványozási időszak elején, október végén a 4000 ppm-es IVS-es bemártás adta a legjobb eredményt, november elején viszont már a 2000 ppm-es dózis bizonyult szignifikánsan jobbnak. A továbbiakban a kontroll kezelésnél gyökeresedett meg a legtöbb dugvány, sőt decembertől kezdve a túl magas koncentráció letálisnak bizonyult, a 4000 ppm indol-3-vajsavas oldattal kezelt dugványok elpusztultak.. A 'St. Julien GF 655/2' fajta volt a legérzékenyebb a magas IVS koncentrációra annak ellenére, hogy nekrotikus tüneteket elvértve mutatott.

A melegtalp-kezelés technológiájának kidolgozása során a januári időszakra koncentráltunk elsősorban a munkaerő-kapacitás jobb kihasználása, a faiskolákban téli holt szezon hasznosítása, az őszi munkacsúcs csökkentése érdekében. A szilvaalany dugványok ebben az időszakban nem gyökeresedtek jól (Szesckó et al., 2002), nem értünk el gyökeresedési alaptulajdonságukat megváltoztató sikert, bár a kezelés bizonyos esetekben kis mértékű eredési növekedést eredményezett. A külföldi szakirodalomban leírt körülmények között végzett melegtalpon végzett kalluszosodás nem bizonyult eredményesnek (Hartmann et al., 1997), gyakorlatilag teljes módosításra volt szükség, a kezelési idő egy hétre csökkentése bizonyult a legeredményesebbnek. A rövid ideig, 5-10 napig tartó kezelés elegendő volt a gyökeresedés stimulálásához, ezután a dugványok hűtőtárolóban eltarthatók a kiültetésig.

Részletesen vizsgáltuk a szilvaalany fajták IVS felvételét és lebontását, illetve a dugványok IES koncentrációjának változását. Az utóbbi vegyület erősen érzékeny a fényre, hőre , valamint az enzimatis bomlásra, ezért különös óvatossággal kellett eljárunk a mintaszedés, előkészítés és mérés során. A laboratóriumi vizsgálatok a Gyümölcsstermő Növények Tanszék HPLC laboratóriumában folytak. A dugványok növényi hormontartalmát analizáltuk, a magasnyomású folyadék kromatográf az irodalmi források szerint megfelelő szelektivitású, az érzékeny vegyületek analízisére is kiválóan alkalmas (Archibold és Dennis, 1984).

Az IVS kezelések után a dugványok felvették a serkentőszert, kivételt ez alól a 2006/07 tél februári időszaka jelentett, ahol csak részleges felvételt tapasztaltuk. Ezekben az időpontokban a dugványok egyáltalán nem eredtek meg, úgy gondoljuk, hogy a serkentőszer felvételének részleges gátlása azt jelzi (Epstein, 1993b), hogy a dugványokban nincs meg a készség a járulékos gyökérképződésére. A vizsgált években az indol-3-vajsav lebomlását az időjárás markánsan befolyásolta. A teljes lebontás ideje ősztől tavasz felé haladva egyre gyorsabbá vált, míg a 'Fehér besztercei' fajta esetében az októberi szedés idején még 135 napig tartott, addig február végén már csak 28 napot vett igénybe a 2006/07-es évben.

A fajták dugványainak IVS bontó képességei közt igen nagy eltérés volt, a *Prunus domestica* L. fajhoz tartozó 'Fehér besztercei' fajta 45 napos felezési ideje bizonyult a leghosszabbnak, a serkentőszer létfontosságú a gyökeresedéshez. Hasonló hosszúságú (30 napig tartó) volt a felezési ideje a *Prunus insititia* JUSL. fajhoz sorolt 'St. Julien GF 655/2' fajtának is, mely igen érzékeny az IVS túladagolásra, amit a hosszú ideig tartó lebomlás tovább erősít, mert az auxin-inaktív szakasz magas IES koncentrációja már gyökeresedést gátló hatású lehet (Jarvis, 1986; Blakesley et al., 1991). A mirobalán típusú alanyoknál gyors, 2 hetes IVS felezési időt figyeltünk meg gyors ütemű kezdeti bomlás mellett, ami lehetővé teszi a csoport számára a gyors natív auxinszint csökkenést a késői iniciációs fázisban.

Már a 2000 ppm-es IVS-es kezelés hatására is megnövekedett a natív auxinszint az összes vizsgálatba vont fajtánál a 'Fehér besztercei' fajta kivételével. Ennél a taxonnál a kezelés szükséges volt, hogy ne csökkenjen a dugványtalp IES koncentrációja, 4000 ppm-es bemártásra volt szükség ahhoz, hogy érezhetően megemelkedjen a koncentráció. Ez belső oka annak, hogy az IVS-es kezelés esszenciális a fajta gyökeresedéséhez.

Vizsgáltuk az IES tartalom változását az anyanövények vesszőiben a szaporítási időszak ideje alatt, a kora őszi koncentráció nagyjából megegyezett a tavasszal mért koncentrációval. A mélynyugalmi időszakban találtuk a legkevesebb gyökeresedést serkentő hormont. Tehát az auxinkoncentrációt tekintve az őszi és tavaszi időszak ugyanúgy kedvező a gyökeresedés szempontjából, a rossz tavaszi eredés egyéb, elsősorban időjárási tényezőknek köszönhető. A fajták átlagos natív auxintartalmát vizsgálva jelentős különbségeket találtunk, míg a 'Fehér besztercei' fajta 30 µg/g-os IES tartalommal rendelkezett, addig a többi fajtánál 15-20 µg/g körüli IES tartalmat mértünk.

A natív auxinszint csökkenésének hatását és a rügyek jelenlétének hiányát a 'Marianna GF 8-1' fajtán végzett vakítási kísérletek segítségével vizsgáltuk 2008 novemberében. Összesen nyolcféle kezelést alkalmaztunk, köztük IVS-es bemártást is, mintegy pótolva a rügyvesztés okozta auxin kimaradást. A részlegesen vakított dugványok natív auxinszintje statisztikailag nem tért el a vakítatlan kontrollhoz képest, egyedül a teljesen vakított egyed esetében tapasztaltunk igen lassú csökkenést és alacsonyabb szintet (2µg/g). A teljesen vakított dugványok esetében igen kiemelkedő, 90 % feletti gyökeresedést tapasztaltunk, ami azt is jelenti, hogy a rügyek eltávolításával együtt a gyökeresedést gátló vegyületeket is sikerült kiiktatnunk.

Az IVS-sel kezelt, részben vagy teljesen vakított dugványok esetében markáns natív auxinszint emelkedést tapasztaltunk. Míg a vakítási kezeléseknél statisztikailag nem, vagy alig volt hatása az IES szintre, addig a serkentőszer bemártások drasztikus emelkedést produkáltak. A rügyek eltávolításával párhuzamosan alig észrevehetően, de csökkent az IVS lebomlás üteme is, ami a rügyek hormon lebontásban betöltött szerepét is jellemzi.

A dugványcsúcsokat 2000 ppm-es IVS-be is mártottuk három fajta esetében. Méréseink szerint a serkentőszer a bemártás helyén maradt, nem transzportálódott az dugványtalpi gyökeresedési zónába, igen gyenge csúcsi kalluszodást okozott. A natív auxinszint a talpi és csúcsi részeken is alig érzékelhetően emelkedett meg, szignifikáns statisztikai különbség nem volt. A dugványok a kezeletlen kontrollhoz képest magasabb százalékban gyökeresedtek, kihajtani viszont nem tudtak.

A melegtalp-kezelések esetében azt tapasztaltuk, hogy az IVS lebomlási ideje minden vizsgált fajta esetében igen erősen felgyorsult. Az első héten különösen gyors volt a lebomlás üteme, majd kissé csökkent, a hűtőtárolóban a folyamat egészen lelassult. Az IVS-sel kezelt dugványok rosszabbul szerepeltek a kezeletlen kontrollokhoz képest, pedig szakirodalmi források javasolják a serkentőszeres kezelést a dugványok számára (Hartmann, 1997; Macdonald, 1993). Az IVS túlادagolás nekrotikus tüneteket is okozott, a dugványok talpi részének több cm-es pusztulása is előfordult. A melegtalp-kezelés során az IVS fitotoxikus hatása felerősödött.

A melegtalp-kezelések esetében a natív auxinszint megemelkedését tapasztaltuk, ami megegyezett az IVS-es kezeléseknél tapasztaltakkal, viszont annál jóval „kíméletesebb”, mert a serkentőszeres kezelés káros hatásai nem jelentkeznek. Kivételt az IES szint növekedése alól csak a 'Fehér besztercei' fajta esetében tapasztaltunk. A talpkezelés lényegi momentum, hogy talpi és a csúcsi rész különböző hőmérsékeltű térben van, úgy gondoltuk, hogy a dugványrészek natív auxinszintjének mérésén túl célszerű a hányadosukat is vizsgálni, mint A/F (alapi rész IES koncentrációja / csúcsi rész IES koncentrációja) értéket. A származtatott érték az alapi és csúcsi rész hányadosát fejezi ki, ami magas érték esetén a megnövekedett gyökeresedési készséget, egy alatti érték esetén fokozott kihajtásra való hajlamot feltételez.

Az A/F értékek igen jól megjelenítették a kezelések lényegi hatását, erőteljesen látszott, hogy az összes kezelés (melegtalp-kezelés, IVS, IVS + melegtalp) megnövelte a talpi rész auxinsúlyát a kezeletlen kontrollhoz képest. A kezelések hatására még a 'Fehér besztercei' fajta esetében is erőteljes talpi auxintúlsúlyt, vagyis egynél nagyobb A/F érték tapasztaltunk annak ellenére, hogy a natív auxinszintje csökkent. Véleményünk szerint a talpi és csúcsi rész megfelelő auxin egyensúlya a konkrét IES tartalomnál is fontosabb lehet a gyökeresedés szempontjából.

A melegtalp-kezelés hatására a dugványtalpi auxin maximum értékét az első héten mértük, amit már csökkenés követett, szemben a nem kezelt dugványok egy hónap múlva bekövetkező maximumával. Vagyis a magasabb hőmérsékleten a gyökeresedési folyamat felgyorsul.

A szilva fásdugványok gyökeresedése során több olyan lényeges auxin anyagcserével összefüggő belső tényezőt sikerült feltárnunk, ami jó kiindulási alapot ad a vizsgált fajták gyakorlati szaporításához. Átfogó komplex vizsgálatainkkal a lehetséges technológiákat és azok változatait is értékeltük, az IVS-es serkentés kapcsán javaslatokat tettünk a lehető legjobb, legtermelékenyebb szilvaalany fásdugványozási gyakorlat kialakítása érdekében.

## Summary

Propagation with hardwood cuttings is the most cheapest method of vegetative propagation for plum rootstocks, since it means the ratio of seedlings can be reduced. There is a need for a mature propagation method that works very well and is adapted to domestic conditions. Although propagation by hardwood cuttings for plum stocks is a well-known, accepted method in Western Europe, it has not spread in Hungary. There are numerous studies of the external circumstances of propagation by hardwood cuttings, primarily because such studies can be carried out with simple equipment. Until now only a few researchers have dealt with the biochemical processes, work which requires specialized knowledge and equipment. In spite of that, the results of such work could yield useful information for the profession.

In our work with plum rootstock propagation by hardwood cuttings, we aimed to make up for the serious lack of biochemical studies and expand the description of processes directed by auxins in the development of roots: this was the main goal of the research. The second part of our work was aimed at developing technology for experiments. Cuttings were collected from October to March, and subjected to treatment in various concentrations (0 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm) of IBA. There were also experiments with basal heated rooting of plum rootstock hardwood cuttings.

Altogether the rooting of 8 plum subspecies was studied. We examined the callus formation, budding, and number of roots put out by the cuttings. The „Kisnánai lószemű” is impossible to propagate with this method, and the myrobalan types are the best balanced and best-growing subspecies. The 'Fehér besztercei' only derived 44 %, and the 'St. Julien GF 655/2' had a very reduced optimal growth period, making it difficult to time the collection of hardwood cuttings. The other subspecies reacted poorly to less than optimal weather conditions as opposed to the myrobalan's good ability to accommodate.

Most of the literature reports good spring and autumn derivation for plum cuttings in view of the light dormancy of the roots (Szecskó et al. 2004). During the three years of the study, the plum cuttings never rooted in spring at all, the reason for which is probably climate change. The unusually mild winters drastically reduced the propagation time.

The optimal IBA concentration was determined for each subspecies, based on rooting results and necrotic symptoms. According to our results, the optimal stimulant dose is not independent of the cutting collection time, and for this reason we took several points into consideration in our description. The 'Fehér besztercei' was best at the highest concentration of 4000 ppm IBA dip, therefore stimulant is essential for this type.

For most of the cuttings in the study, it was observed that the beginning of propagation time (the end of October) the 4000 ppm IBA immersion was best, but already in early November the

2000 ppm dose was significantly better. For the rest, the control treatment yielded best rooting for most cuttings, and from December, too high a concentration even proved fatal. Cuttings treated with 4000 ppm indole-3-butyric acid did not survive. 'St. Julien GF 655/2' was the most sensitive to high concentrations of IBA in spite of showing misleading necrotic symptoms.

By developing bottom heat technology, an attempt was made to use the workforce capacity in January, when orchards have a dead season, and thus to reduce the overload in the autumn. In this period, the plum rootstock hardwood cuttings did not root well (Szecskó et al. 2002), and we failed to achieve any change in basic rooting characteristics. However, in certain cases there was modest growth. According to descriptions in foreign professional journals, callus formation with base heat did not yield good results. (Hartmann et al. 1997), and researchers needed to modify practically everything; reducing the treatment time to one week gave the best results. Short-term treatment of 5-10 days was enough to stimulate rooting, after which hardwood cuttings were stored in a cooler until being planted outdoors.

The absorption and decomposition of IBA by plum cuttings was examined in part. In addition, the changes in hardwood cuttings IAA concentration were described. IAA is extremely sensitive to light and heat as well as enzymatic breakdown, so special care was taken with sample collection, preparation, and measurement. The laboratory experiments were performed at the Fruit Production Department HPLC laboratory. Plant hormone content of the scions was analyzed. According to the literature, the high pressure liquid chromatograph is selective enough and extremely well suited to the analysis of sensitive chemicals. (Archbold and Dennis 1984).

Following the IBA treatments, the cuttings absorbed the stimulant, except for the 2006/07 winter (February), when only partial absorption was observed. During this period the cuttings did not derive at all, so we think the inhibition means (Epstein 1993b) that the cuttings are not yet capable of forming adventitious roots. Weather strongly influenced the breakdown of indole-3-butyric acid during the three years of the study. Complete metabolism time from autumn to spring became faster and faster, while 'Fehér besztercei' took 135 days from the October collection time, and at the end of February it only needed 28 days in 2006/07.

There is considerable variation among subspecies regarding ability to break down IBA. One member of the *Prunus domestica* L. species, 'Fehér besztercei', had the longest time to half-life, 45 days, and stimulant is vitally important to its rooting. Similarly, the half-life for the *Prunus instititia* JUSL. 'St. Julien GF 655/2' subspecies was 30 days. This type is quite sensitive to IBA over-dosage, and this is exacerbated by the long decomposition time, because high concentration of IAA in the auxin inactive period may inhibit rooting (Jarvis 1986, Blakesley et al. 1991).



In myrobalan type rootstocks, two-week IBA half-life was observed along with quick initial breakdown, which enables this group to quickly reduce native auxin in the later initiation phase.

For all types involved in the study, 2000 ppm IBA treatment increased the level of native auxin, with one exception: 'Fehér besztercei'. For this taxon the treatment was necessary in order to maintain IAA concentration in the scion base. 4000 ppm immersion was required to raise the level even slightly. This is an internal reason why the IBA treatment is essential for this subspecies to root.

IAA content of twigs of parent plants was observed during the propagation time, and the early autumn level generally agreed with that found in spring. The least amount of rooting stimulant hormone was found in the dormancy period. Thus, in terms of auxin concentration the autumn and spring times are equally advantageous for rooting. The bad spring derivation is due mainly to weather factors. Examination of average native auxin content in the species produced significant differences. IAA content of 'Fehér besztercei' was 30 µg/g, which stood out against the rest, with approximately 15-20 µg/g.

In November 2008, the effect of reducing native auxin level and lack of buds in 'Marianna GF 8-1' was studied by means of disbudding (scooping). A total of eight different treatments were administered, among them IBA dip, and in each treatment, missing auxin (caused by loss of buds) was replaced. The partially disbudded plants' level of auxin did not vary greatly from that of the unscooped controls. Only in one case, a completely de-eyed cuttings, was there slow reduction and low level (2µg/g). For completely de-eyed cuttings, a very high rooting ( over 90%) was seen, which means that removing buds enables one to get rid of rooting inhibitor substances.

The IBA-treated, partially or wholly de-eyed cuttings showed considerably increased native auxin levels. While scooping treatments statistically had little or no influence on the IAA level, the stimulant dips produced a drastic increase. At the same time buds were removed, the IBA metabolism rate hardly went down at all, which also indicates the buds' role in breaking down hormones.

Hardwood cuttings apices of three subspecies were dipped in 2000 ppm IBA. According to our measurements, the stimulant remained at the dip site and did not move to the cutting base rooting zone; it caused a rather weak apex callus formation. The native auxin level in the basal and apical areas was barely noticeable, and there was no significant statistical difference. A large percentage of the cuttings rooted, compared to the untreated control, but they were unable to bud out.

It was observed that in bottom heated treatments, every subspecies increased its speed of IBA metabolism. The rate was especially fast in the first week, then slowed slightly, and the process was extremely slow in the cooler. The IBA treated cuttings fared much worse than the untreated controls, although the literature suggests stimulant treatment for them (Hartmann 1997, Macdonald

1993). IBA over-dosage produced necrotic symptoms, and several centimetres of dead tissue appeared at cuttings bases. In the course of heated base treatments, IBA phytotoxic effect was heightened.

The bottom heated treatments showed increased levels of native auxin, which agrees with observation of IBA treatments; however, the heated base is "kinder, because" the damaging effects of stimulant treatment are not present. IAA level increase was only observed in one case, 'Fehér besztercei'. The (heated) base treatment provided a very good opportunity, because base and apex are in difference temperature zones, so we decided to perform a test in addition to the measurement of cuttings parts native auxin levels. Thus the sections were tested as A/F (scion base IAA concentration /apex IAA concentration) value. The derived value expresses the basal and apical fractions, which if large, suggests increased rooting capacity, and if small, points to greater tendency to produce buds.

The A/F values definitely made apparent the effect of the treatments, because they shows that all treatments (heated base, IBA, IBA+heated base) raised the cutting base auxin compared to the untreated control. In the case of 'Fehér beszetercei' there was extreme overbalance of the base auxin, that is, one larger A/F value was found, despite the fact that the native auxin level went down. Our opinion is that the basal and apical auxin balance is more important in terms of rooting, than the actual IAA content.

To determine the effect of heated base treatment, the maximum value of auxin in the cuttings base was measured in the first week, and afterwards there was a decrease, whereas the untreated cuttings were at maximum level one month later. Thus, the higher temperature speeds up the rooting process.

In the course of rooting plum hardwood cuttings, numerous internal factors related to auxin metabolism came to light which give good arguments for the practical propagation of the species studied. Thorough, complex studies were made in order to evaluate the available technology in all its variations. With regard to IBA stimulation, we have made suggestions for the development of the best and most productive practice of plum rootstock propagation by hardwood cuttings.

## Melléklet

### M 1. Irodalomjegyzék

1. Abd Alhamed, Swedan M. F., Edriss A. A., Yusre A. (1993): Propagation of climax plum by cuttings using different substances for stimulating rooting. *Egyptian Journal of Horticulture*, 20 (1) 57-69.p.
2. Al Barazi Z., Schwabe W. W. (1984): The possible involvement of polyphenol oxidase and auxin-oxidase system in root formation and development in cuttings of *Pistacia vera*. *Journal of Horticultural Science*, 59 (3) 453-461.p.
3. Als mosthaghi E., Shahsavar A. R. (2010): Endogenous promoters and inhibitors in olive cuttings in relation to adventitious root formation. *J. Biol. Environ. Sci.*, 4 (12) 143-148.p.
4. Altman A., Waering P. F. (1975): The effect of IAA on sugar accumulation and basipetal transport of  $^{14}\text{C}$ -labelled assimilates in relation to root formation in *Phaseolus vulgaris* cuttings. *Physiologia Plantarum*, 33 32-38.p.
5. Alvarez R., Nissen S. J., Sutter S. J. (1989): Relationship between indole-3-acetic acid levels in apple (*Malus pumila* Mill.) rootstocks cultured in vitro and adventitious root formation in the presence of indole-3-butyric acid. *Plant Physiol.*, 89 439-443.p.
6. Andersen A. S. (1986): Environmental influences on adventitious rooting in cuttings of non-woody species. 223-248.p. In: Jackson M. B. (szerk.): *New root formation in plants and cuttings*. Martinus Nijhoff Publisher. Dordrecht
7. Anderson A. S., Hansen J., Veierskov B., Eriksen E. N. (1975): Stock plant conditions and root initiation in cuttings. *Acta Horticulturae*, 54 33-37.p.
8. Andrea W. A., Good N. E. (1955): The formation of indoleacetylaspatic acid in pea seedlings. *Plant Physiol.*, 30 380-382.p.
9. Antolić S., Kojić-Prodić B., Tomić S., Nigović B., Magnus V., Cohen J. D. (1996): Structural studies on monofluorinated derivatives of the phytohormone indole-3-acetic acid (auxin). *Acta Cryst.*, B52 651-661.p.
10. Archibold D. D., Dennis F. G. (1984): Quantification of free ABA and conjugated IAA in strawberry achene's and receptacle tissue during fruit development. *J. Am. Hort. Sci.*, 109 330-335.p.
11. Audus L. J. (1959): *Plant Growth Substances* 2nd edition. Leonard Hill. London 300-312.p.
12. Bandurski R. S., Cohen J. D., Slovin J. P., Reinecke D. M. (1995): Auxin biosynthesis and metabolism. 39-65.p. In: Davies P. (szerk.) *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht

13. Baraldi R., Bertazza D., Predieri S., Bergoli A. M. Cohen J. D. (1993): Uptake and metabolism of indole-3-butyric acid during the in vitro rooting phase in pear cultivars (*Pyrus communis* L.). *Acta Hort.*, 329 289-291.p.
14. Bartel B. (1997): Auxin biosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 48 51-56.p.
15. Bastin M. (1966): Root initiation, auxin level and biosynthesis of phenolic compounds. *Photochemistry and Photobiology*, 5 423-429.p.
16. Basuk N. L., Howard B. H. (1981): A positive correlation between endogenous root-inducing cofactor activity in vacuum-extracted sap and seasonal changes in rooting of M26 winter apple cuttings. *Journal of Horticultural Science*, 56 (4) 301-312.p.
17. Batten D. J., Mullins M. G. (1978): Ethylene and adventitious root formation in hypocotyl segments of etiolated mung bean (*Vigna radiata* L. Willczek) seedlings. *Planta*, 138 193-197.p.
18. Bayer M. H. (1969): Gas chromatographic analysis of acidic indole auxins in *Nicotina*. *Plant Physiol.*, 44 267-271.p.
19. Beakbane A. B. (1969): Relationship between structure and adventitious rooting. *Proc. Inter. Plant Prop. Soc.*, 19 192-201.p.
20. Bhattacharya N. C., Kumur A. (1980): Physiological and biochemical studies associated with adventitious root formation on *Phaseolus mungo* L. in relation to auxin-phenol synergism. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 175 421-435.p.
21. Blakesley D., Weston G. D., Hall J. F. (1991): The role of endogenous auxin in root initiation. Part I: Evidence from studies on auxin application, and analysis of endogenous levels. *Plant Growth Reg.*, 10 341-353.p.
22. Breen P. J., Muraoka T. (1973): Effects of the indolbutyric acid on distribution of C 14-photosynthate in softwood cuttings of Mariana 2624 plum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 98 436-439.p.
23. Breen P. J., Muraoka T. (1974): Effect of leaves on carbohydrate content and movement of C 14-assimilate in plum cuttings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99 (4) 326-332.p.
24. Brian P. W., Hemming H. G., Lowe D. (1960): Inhibition of rooting by gibberellic acid. *Annals of Botany*, 24 407-419.p.
25. Brunner H. (1978): Influence of various growth substances and metabolic inhibitors on root generating tissue of *Phaseolus vulgaris* L. *Z. Pflanzen Physiol.*, 88 13-23.p.
26. Brunner T., Mezei G. (1976): A dugványgyökeresedőképeség és az auxin-rutinvizsgálattal megállapítható endogén auxintartalom lehetséges összefüggései. *Bot. Közl.*, 62 161-164.p.

27. Brunner T., Mezei G. (1977): Az anyanövények és a dugvány auxin-rutinvizsgálata, különös tekintettel a gyökeresedési százaléokra és a gyökérminőségre. Bot. Közl., 64 273-277.p.
28. Budenoch-Jones J. Summons R. E., Rolfe B. G., Lenthams D. S. (1984): Phytohormones, Rhizobium mutants and nodulation in legumes. VI: Auxin metabolism in pea root nodules. J. Plant Growth Regul., 3 23-29.p.
29. Cameron R. J., Thomson G. V. (1969): The vegetative propagation of *Pinus radiata*: root initiation in cuttings. Bot. Gaz., 130 (4) 242-251.p.
30. Challenger S., Lacey H. J., Howard B. H. (1965): The demonstration of root promoting substances in apple and plum rootstocks. Ann. Rep. E. Mailling Res. Sta. for 1964, 124-128.p.
31. Chen J., Witham F. H., Heuser C. W. (1995): Inhibition of NAA-induced adventitious roots in mung bean cuttings by kinetin, zeatin, ethidium bromide, and other DNA Intercalators. The World Wide Web Journal of Biology October 1 : <http://epress.com/w3jbio/vol1/chen/chen.html>
32. Chibbar R. N., Gurumurti K., Nanda K. K. (1979): Changes in IAA oxidase activity in rooting hypocotyl cuttings of *Phaseolus mungo* L. Experientia, 35 202-203.p.
33. Chou J. C., Kuleck G. A., Cohen J. D., Mulbry W. W. (1996): Partial purification and characterization of an inducible indol-3-acetyl-L-aspartic acid hydrolase from *Entenobacter agglomerans*. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 121 520-524.p.
34. Ciampi C., Gellini R. (1958): Studio anatomico sui rapporti tra struttura e capacita di radicazione in talee di olivio (Anatomical study ont he relationship between structure and rooting capacity in olive cuttings). Nuovo Giorn. Bot. Ital., 65 417-424.p.
35. Ciampi C., Gellini R. (1963): Insorgenza e sviluppo delle radici avventizie in *Olea europea* L.: importanza della struttura anatomica agli effetti dello sviluppo della radichette (Formation and development of adventitious roots in *Olea europea* L.: significance of the anatomical structure for the development of radicles. Nuovo Giorn. Bot. Ital., 70 62-74.p.
36. Citadin I. (2001): Relation of peroxidase, 6-Phosphoglucinate dehydrogenase, and phosphoglucoisomerase with endodormancy phase in peach. *Abstract, 5th international Peach Symposium, July 8-11, 2001. Davis, California.* 179-180.p.
37. Cooper W. C. (1935): Hormones in relation of root formation on stem cuttings. Plant Physiol., 10 789-794.p.
38. Damavandy-Kozakonane H., Grasselly C. (1972): The influence of various factors on rhizogenesis in the peach x almond hybrid GF 677. Annales del'Amelioration des Plantes, 22 (1) 95-108. p.

39. Darvis B. C. (1986): Endogenous control of adventitious root i non-woody cuttings. 191-216.p. In: Jackson M. B. (Szerk): New root formation in plants and cuttings. Dordrecht. Martinus Nijhoff Publisher.
40. Dessy S., Radice S., Andorno A. (2004): Fedor-Julior, Myran-Yumir an St. Julien GF 655-2 rootstocks: propagtion by cuttings with growth regulators and bottom heat. Acta Hort., 658 629-635.p.
41. Dunberg A., Hsihan S., Sandberg G. (1981): Auxin dinamics and the rooting of cuttings of *Pinus sylvestris*. Plant Physiol., 67 5.p.
42. Ebrahimzadeh H., Amide M. (1980): Évolution des protéines dans les fragments d'entrenoeuds de tige de *Peperomia blanda* H. B. & K. cultivés *in vitro*, au cours da la néoformation de racines et de bourgeons. Physiologie Végétale, 18 405-410.p.
43. Epstein E. Ludwig-Müller J. (1993): Indole-3-buteric acid in plants: occurence, synthesis, metabolism and transport. Physiologia Plantarum, 88 382-389.p.
44. Epstein E., Ackerman A. (1993): Transport and metabolism of indole-3-buteric acid in cuttings of *Leucadendron discolor*. Plant Growth Regul., 12 17-22.p.
45. Epstein E., Chen K. H., Cohen J. D. (1989): Identification of indole-3-buteric acid as an endogenous constituent of maize kernels and leaves. Plant Growth Regul., 8 215-223.p.
46. Epstein E., Lavee S. (1984): Conversation of indole-3-buteric acid to indole-3-acetic acid by cuttings of grapevine (*Vitis vinifera*) and olive (*Olea europea*). Plant Cell Physiol., 25 697-703.p.
47. Epstein E., Muszkat L., Cohen J. D. (1988): Identification of indole-3-buteric acid (IBA) in leaves of cypress and maize by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Alon HaNorea, 42 917-919.p
48. Epstein E., Zilkah S., Faingersh G., Rotebaum A. (1993b): Transport and metabolism of indole-3-buteric acid in steril easy- and difficult-to-root cuttings of sweet cherry (*Prunus avium* L.) Acta Hort., 329 292-295.p.
49. Erbil Y. (1997): Determination of the best cutting time for rooting of clonal plum rootstocks by softwood and hardwood cuttings. Abstract. VI. International Symposium on Plum and Prune Genetics, Breeding and Pomology. 18-22. August, 1997, Warsawa-Skiernewice, Poland. 138-139.p.
50. Erdős Z., Surányi D. (1992): Az alany jelentősége öt szilvafajta termőképességében. Kertgazdaság. 24 9-20.p.
51. Eriksen E. N. (1974): Root formation in pea cuttings. III. The influence of cytokinins at different developmental stages. Physiologia Plantarum, (30) 163-167. p.

52. Estelle M. (1998): Polar auxin transport: New support for an old model. *Plant Cell*, 10 1775-1778.p.
53. Evert D. R., Smittle D. A. (1990): Limb girdling influences rooting, survival, total sugar, and starch of dormant hardwood peach cuttings. *Hort. Science*, 25 (10) 1024-1026.p.
54. Fabijan D., Taylor J. S., Reid D. M. (1981): Adventitious rooting in hypocotyls of sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. II. Action of gibberellins, cytokinins, auxins and ethylene. *Physiologia Plantarum*, (53) 589-597. p.
55. Fadl M. S., Hartmann H. T. (1967): Relationship between seasonal changes in endogenous promoters and inhibitors in pear buds and cutting bases and the rooting of pear hardwood cuttings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, (91) 96-112.p.
56. Fischer P., Hansen J. (1977): Rooting of *Chrysanthemum* cuttings. Influence of irradiance during stock plant growth and of decapitation and disbudding of cuttings. *Scientia Horticulturae*, 7 171-178.p.
57. Fontanazza G., Ruigini E. (1980): Propagation of plum. *Fruticoltura*, 42 25-30.p.
58. Foong T. W., Barnes M. F. (1981): Rooting 'cofactors' in *Rhododendron*: The fractionation and activity of components from an easy-to-root and a difficult-to-root variety. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 176 507-523.p.
59. FruitVeb (2009): A zöldség és gyümölcs ágazat helyzete Magyarországon. Magyar Kertészeti Tanács. Budapest. 28.
60. Gaspar Th. (1981): Rooting and flowering, two antagonistic phenomena from a hormonal point of view. In *Aspects and Prospects of Plant Growth Regulators* (ed. B. Jeffcoat), British Plant Growth Regulator Group. Wantage. 39-44.p.
61. Geneve R. L. és Heuser C. W. (1983): The relationship between ethephon and auxin on adventitious root initiation in cuttings of *Vigna radiata* (L.) R. Wilcz. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 108 330-333.p.
62. Girouard R. M. (1967 a): Anatomy of adventitious root formation in stem cuttings. *Proc. Inter. Plant Prop. Soc.*, 17 289-302.p.
63. Girouard R. M. (1967 b): Initiation and development of adventitious roots in stem cuttings of *Hedera helix*. *Canad. Jour. Bot.*, 45 1883-1886.p.
64. Gorter C. J. (1969): Auxin synergists in the rooting of cuttings. *Physiologia Plantarum*, 22 497-502.p.
65. Griffin J. J., Blazich F. A., Ranney T. G. (1998): Propagation of *Thuja* x 'Green Giant' by stem cuttings: Effects of growth stage, type of cutting, and IBA treatment. *J. Environ. Hort.*, 16 (4) 212-214.p.

66. Guerriero R., Loreti F. (1975): Relationships between bud dormancy and rooting ability in peach hardwood cuttings. *Acta Horticulturae*, 54 51-58.p.
67. Haissig B. E. (1973): Influence of hormones and auxin synergists on adventitious root initiation. In Proc. I.U.F.R.O. Working Party on Reprod. Process, Rotorua, New Zeland, 128-131.p.
68. Haissig B. E. (1974): Metabolism during adventitious root primordium initiation and development . *New Zealand Journal of Forest Science*, 4 324-337.p.
69. Haissig B. E. (1982): Carbohydrate and amino acid concentration during the adventitious root primordium development in *Pinus banksiana* Lamb. cuttings. *Forest Science*, 28 813-821.p.
70. Haissig B. E. (1983): The rooting stimulus in pine cuttings. *Proceedings of the International Plant Propagators Society*, 32 625-638.p.
71. Haissig B. E. (1983b): N-phenyl indolyl-3-butyramide and phenyl indole-3-triobutyrate enhance adventitious root primordium development. *Phys. Plant.*, 57 435-440.p.
72. Haissig B. E. (1984): Carbohydrate accumulation and partitioning in *Pinus banksiana* seedlings and seedlings cuttings. *Physiologia Plantarum*, 61 13-19.p.
73. Haissig B. E. (1986): Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. 141-189.p. In: Jackson M. B. (Szerk): *New root formation in plants and cuttings*. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht 265.p.
74. Hansen C. J., and Hartmann H. T. (1968): The use of indolebutyric acid and captan in the propagation of clonal peach and peach-almond hybrid rootstocks by hardwood cuttings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 92 235-140.p.
75. Hartmann, H. T., Kofranek, A. M., Rubatzky, V. E. Flocker, W. J. (1988): Growth, development and utilization of cultivated plants. Prentice Hall International (UK) Ltd. London 324.p.
76. Hartmann H. T (Szerk.) (1997): Plant propagation. Prentice-Hall. New Jersey 211-278.p.
77. Hess C. E. (1962): Characterterization of the rooting co-factors extracted from *Hedera helix* L. And *Hibiscus rosa-sinensis* L. Proc. 16<sup>th</sup> Int. Hort. Cong. 382-388.p.
78. Hess C. E. (1969): Internal and external factors regulating root initiation. In *Root Growth*. (ed. Whittington W. J.) Butterworths. London. 42-46.p.
79. Heuser C. W., Hess C. E. (1972): Isolation of three lipid root-initiating substances from juvenile shoot tissue. *J. Amer. Soc. Hor. Sci.*, 97 (5) 571-574.p.
80. Howard B. H. (1965): Effects of bud removal and wounding on rooting in hardwood cuttings. *Nature*, 220 262-264.p.



81. Howard B. H. (1980): Plant propagation. In: East Malling Research Station Report for 1979. East Malling: East Malling Research Station. 125.p.
82. Howard B. H. (1985): Factors affecting the response of leafless winter cuttings of apple and plum to IBA applied in powder formulation. *Journal of Horticultural Science*, 60 (2) 161-168.p.
83. Howard B. H. (1986): Factors affecting rooting response of fruit trees cuttings to IBA treatment. *Acta Horticulturae*, 179 829-840.p.
84. Howard B. H. (1987): Propagation. 29-77.p. In: Rom R. C. és Carlson R. F. (Szerk.): *Rootstocks for fruit crops*. Wiley. New York 492.p.
85. Howard B. H., Harrison-Murray R. S. (1988): Effects of water status on rooting and establishment of leafless winter (hardwood) cuttings. *Acta Horticulturae*, 227 134-140.p.
86. Howard B. H., Ridout M. S. (1994): Partitioning sources of rooting potential in plum hardwood cuttings. *Journal of Horticultural Science*, 69 (4) 735-745.p.
87. Howard B.H., Nahlawi N. (1969): Factors affecting the rooting of plum hardwood cuttings. *Journal of Horticultural Science*, 44 (3) 303-310.p.
88. Hrotkó K. (szerk.) (1999): Gyümölcsfaiskola. Mezőgazda. Budapest 47-73.p.
89. Humphries E.C. (1960): Inhibition of root development on petioles and hypocotyls of dwarf bean (*Phaseolus vulgaris*) by kinetin. *Physiologia Plantarum*, 12 659-663. p.
90. Hübl D., Hartmann W., Strösser R. (1984): Anatomisch-histologische Untersuchungen der Wurzelbildung bei Grünstecklingen von *Prunus cerasus* L. und *P. domestica* L. *Gartenbauwissenschaft*, 49 193-199.p.
91. Jackson M. B. (1986): New root formation in plants and cuttings. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht 98-248.p.
92. Jackson M. B., Harney P. M. (1970): Rooting cofactors, indoleacetic acid and adventitious root initiation in mung bean cuttings (*Phaseolus aureus*). *Canadian Journal of Botany*, 48 943-946.p.
93. Jarvis B. C., Ali A. H. N., Shaheed A. I. (1983): Auxin and boron in relation to the rooting response and ageing of mung bean cuttings. *The New Phytologist*, 95 509-518.p.
94. Jarvis B. C., Booth A. (1981): Influence of indole-3-butyric acid, boron, myo-inositol, vitamin D<sub>2</sub> and seedling age on adventitious root development in cuttings of *Phaseolus aureus*. *Physiol. Plant.*, 53 213-218.p.
95. Jarvis B. C., Shannon P. R. M., Yasmin S. (1983): Influence of IBA and cordycepin on rooting and RNA synthesis in stem cuttings of *Phaseolus aureus* Roxb. *Plant & Cell Physiology*, 24 139-146.p.
96. Jennifer N. (1997): Auxin metabolism. *Physiol. Plant.*, 100 431-442.p.

97. Kantheraj G. R., Mahadevan S., Padmanaban G (1979): Early biochemical events during adventitious root initiation in the hypocotyl of *Phaseolus vulgaris*. *Phytochemistry*, 18 383-387.p.
98. Kasim N. E., Abou Rayya M. S., Shaheen M. A., Yehia T. A., Ali E. L. (2009): Effects of different collection times and some treatments on rooting and chemical internal constituents of bitter almond hardwood cuttings. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 5 (2) 116-122.p.
99. Kawai Y. (1996): Changing in endogenous IAA during rooting of hardwood cuttings of grape, 'Muscat Bailey A' with and without a bud. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 65 (1) 33-39.p.
100. Kenis J. D. (1976): Some biochemical aspects of dormancy and its break in peach flower buds. I. Changes in RNase and protease activities, the activity and composition of polyphenol oxidase and peroxidase and modification of the concentration of RNA, soluble proteins and total nitrogen. *Phyton-Argentina*, 34 (2) 133-142.p.
101. Kibbler H., Williams C. M, Williams R. R., Johnston M. E. (2002): Inhibition of adventitious rooting in *Backhousia citriodora* F. Muell. Cuttings correlate with the concentration of essential oil. *Journ. Hort. Science and Biotechnology*, 77 (6) 705-711.p.
102. Kim S., Okubo H., Fujieda H. (1992): Endogenous level of IAA in relation to parthenocarpy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 52 (1-2) 1-8.p.
103. Knox G. W., Hamilton D. F. (1982): Rooting of *Berberis* and *Ligustrum* cuttings from stock plants grown at selected light intensities. *Scientia Horticulturae*, 16 85-90.p.
104. Kochhar S., Kochhar V. K., Singh S. P., Kattiyar S. P., Pushpangadan P. (2005): Differential rooting and sprouting behavior of two *Jartropha* species and associated physiological and biochemical changes. *Current Science*, 89 (6) 936-939.p.
105. Kracikova M. (1996): Selection of plum rootstocks for economic propagation by hardwood cuttings. *Vedecke Prace Ovocnarske*, 15 41-49.p.
106. Kracikova M. (1999): Determining the influence of several factors on propagation of plum rootstocks by hardwood cuttings. *Vedecke Prace Ovocnarske*. 16 39-45.p.
107. Krüssmann G. (szerk.) (1997): *Die Baumschule*. (6. kiadás), Parey, Berlin 178-179.p.
108. Láng F. (Szerk.) (2002): *Növényélettan. A növényi anyagszerve* I. ELTE Eötvös Kiadó. Budapest 964-970.p.
109. Lang G. A. et al. (1987): Endo-, para-, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *Horticultural Science*, 22 (3) 371-377.p.
110. Leakey R. R. B. (1983): Stock plant factors affecting root initiation in cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. An indigenous hardwood of West Africa. *Journal of Horticultural Science*, 58 277-290.p.

111. Leakey R. R. B. (1983): Stockplant factors affecting root initiation in cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum., an indigenous hardwood of West Africa. *Journal of Horticultural Science*, 58 277-290.p.
112. Lemus S. G. (1987): Clonal plum rootstock propagation using hardwood cuttings. *Agricultura-Tecnica*, 47 75-77.p.
113. Leopold A. C., Lam S. C. (1961): Polar transport of three auxins. –In 4th. Int. Conf. on Plant Growth Regulators. (Klein R. M. szerk.) Iowa State Univ. Press. Ames 411-418.p.
114. Leslie C. A., Romani R. J. (1988): Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. *Plant Physiol.*, 88 833-837.p.
115. Liu J. H., Reid D. M. (1992): Adventitious rooting in hypocotyls of sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. IV. The role of changes in endogenous free and conjugated indole-3-acetic acid. *Physiol. Plant.*, 86 285-292.p.
116. Lomax T. L., Muday G. K., Rubery P. H. (1995): Auxin transport. 509-530.p. In: Davies P (szerk.) *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology* Kluwer Academic Publishers. Dordrecht
117. Lovell P.H. és White J. (1986): Anatomical changes during adventitious root formation. 111-140 p. In: Jackson M.B. (Szerk.): *New root formation in plants and cuttings*. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers. 265 p.
118. Ludwig-Müller J., Epstein E. (1991): Occurrence and in vivo biosynthesis of indole-3-butyric acid in corn (*Zea mays* L.). *Plant Physiol.*, 97 765-770.p.
119. Luqman M., Ali N., Sajid M. (2004): Effect of different concentrations of indolebutyric acid (IBA) on semi hardwood guava cuttings. *Sarhad J. Agric.*, 20 (2) 219-222.p.
120. Ma J. H., Yao J. L., Choen D., Morris B. (1998): Ethylene inhibitors enhance in vitro root formation apple shoot cultures. *Plant Cell Reports*, 17 211-214.p.
121. Macdonald B. (1993): *Practical woody plant propagation for nursery growers*. (4. Ed.), Timber Press Portland, Oregon 329.p.
122. Mackenzie K., Howard B., Harrison-Murray R. (1988): Anatomical features of rooting in wounded winter of the apple rootstock M.26. *Acta Horticulturae*, 227 217-223.p.
123. Mackenzie K.A.D., Howard B.H., Harrison-Murray R.S. (1986): The anatomical relationship between cambial regeneration and root initiation in wounded winter cuttings of the apple rootstock M.26. *Annals of Botany*, 58 649-661.p.
124. Merckelbach C., Buchala A. J., Meier H. (1982): Adventitious rooting in cuttings of *Populus tremula*: metabolism of IAA and IBA. In *Proceedings of the 14th. Int. Conf. on Plant Growth Substances*, Amsterdam. 21.p.

125. Michalczuk L., Ribnicky D. M., Cooke T. J., Cohen J. D. (1992): Regulation of indole-3-acetic acid biosynthetic pathways in carrot cell cultures. *Plant Physiol.*, 100 1346-1353.p.
126. Moncousin Ch., Gaspar Th. (1983): Peroxidase as a marker for rooting improvement of *Cynara scolymus* L. cultured in vitro. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 178 263-271.p.
127. Montain C. R., Haissig B. E. Curtis J. D. (1983): Differentiation of adventitious root primordia in callus of *Pinus banksiana* seedling cuttings. *Canadian Journal of Forest Research*, 13 195-200.p.
128. Nag S., Saha K., Choudhuri M. A. (2001): Role of auxins and polyamines in adventitious root formation in relation to changes in compounds involved in rooting. *J. Plant Growth Regul.*, 20 182-194.p.
129. Nagar P. K., Sood S. (2006): Changes in endogenous auxins during winter dormancy in tea (*Camillea sinensis* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 28 (2) 165-169.p.
130. Nagy P. (1979): Szilva klónalanyok kajszi számára. Újabb kutatási eredmények a gyümölcstermesztésben. A csonhéjas gyümölcsök termesztésnek fejlesztése. GYDKI kiadványa, 37-45.p.
131. Nahlawi N., Howard B. H. (1972): Rooting response of plum hardwood cuttings to IBA in relation to treatment duration and cutting moisture content. *Journal of Horticultural Science*, 47 301-307.p.
132. Nahlawi N., Howard B. H. (1973): The effects of duration of the propagation period and frequency of auxin treatment on the response of plum hardwood cuttings to IBA. *Jounal of Horticultural Science*, 48 169-174.p.
133. Nanda K. K., Sethi R., Kumar S. (1882): Some paradoxical effects of metabolic inhibitors in root initiation and floral bud initiation. *Indian Journal of Plant Physiology*, 25 1-26.p.
134. Nictora A., Damiano C. (1975): Rooting trial of several peach and plum varieties by hardwood cuttings. *Acta Horticulturae* 54 63-70.p.
135. Noiton D., Vine J. H., Mullins M. G. (1992): Endogenous indole-3-acetic acid and abscisic acid in apple microcuttings in relation to adventitious root formation. *Plant Growth Regul.*, 11 63-67.p.
136. Omran R. G. (1977): The direct involvment of hydrogen peroxid in indolacetic acid inactivitation. *Bichem. Byophys. Res. Commun.*, 78 970-976.p.
137. Ooish A., Machida H., Hosoi T., Komatsu H. (1978): Root formation and respiration of the cuttings under different temperatures. *Journ. of the Jap. Soc. Hort. Sci.*, 47 243-247.p.
138. Overbeek J., Blondeau R., Horne V. (1951): Trans-cinnamic acid as an anti-auxin. *American Journal of Botany*, 38 (8) 589-595.p.

139. Östin A. (1995): Metabolism of indole-3-acetic acid in plants with emphasis on non-decarboxylative catabolism. Ph.D. Thesis. Swedish University of Agricultural Science. Dept. of Forest Genetics and Plant Physiology. Umea.
140. Paál Árpád (1918): Über phototropische Reizleitung. Jahrb. Wiss. Bot., 58 406-458.p.
141. Palta J. P. (1990): Stress interaction at the cellular and membrane levels. Hort. Science, 25 (11) 1377-1381.p.
142. Pan R.-C., Gui H. (1997): Physiological basis of the synergistic effects of IBA and triadimefon on rooting of mung bean hypocotyls. Plant Growth Regulation, 22 (1) 7-11.p.
143. Patrick J. W., Wareing P. F. (1973): Auxin-promoted transport to metabolites in stems of *Phaseolus vulgaris* L. Some characteristics of the experimental transport systems. Journal of Experimental Botany, 24 1158-1171.p.
144. Patrick J. W., Wareing P. F. (1976): Auxin-promoted transport of metabolites in stems of *Phaseolus vulgaris* L. Effects at the site of hormone application. Journal of Experimental Botany, 27 969-982.p.
145. Pethő M. (1984): Mezőgazdasági növények élettana. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest 26-39.p.
146. Plüss R., Jenny T., Meier H. (1989): IAA-induced adventitious root formation in greenwood cuttings of *Populus tremula* and formation of 2-indolone-3-acetylaspatic acid, a new metabolit of exogenously applied indole-3-acetic acid. Physiol. Plant., 75 89-96.p.
147. Probocskai E. (szerk.) (1969): Faiskola. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest 398. p.
148. Rana H. S., Chadha T. R. (1992): Studies on the clonal propagation of *Prunus* species and their relationship with some biochemical characters. Progressive Horticulture, 21 329-335.p.
149. Reinecke D., Ozga D. A., Magnus V. (1995): Effect of halogen substitution of indole-3-acetic acid on biological activity in pea fruit. Phytochemistry, 40 1361-1366.p.
150. Reuveni O. Adato I. (1974): Endogenous carbohydrates , root promoters and root inhibitors in easy- and difficult-to-root date palm (*Poenix dactilifera* L.) offshoots. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 99 361-363.p.
151. Robbins J. A. Kays S. J., Dirr M. A. (1983): Enhanced rooting of wounded mung bean cuttings by wounding and ethephon. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 108 325-239.p.
152. Roselli R., Bartolini G. (1974): Research on plum propagation by stem cuttings. I. Observations on the presence of preformed roots in *Prunus domestica* and *Prunus salicina*. Riv. Ortoflorofruttic. Italy, 58 (6) 437-442.p.

153. Rout G. R. (2006): Effect of auxins on adventitious root development from single node cuttings of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze and associated biochemical changes. *Journ. Plant Growth Regulation*, 48 (2) 111-117.p.
154. Ryugo K., Breen P. J. (1974): Indolacetic acid metabolism in cuttings of plum (*Prunus cerasifera* x *Prunus munsoniana* cv. Mariana 2624). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, (99) 247-251.p.
155. Sachs S. (1980) 297.p. In: Audus L. J. (1959) *Plant growth Subtences*, 2nd edition. Leonard Hill, London
156. Sándor G., Rabnecz Gy., Hajagos A., Nehiba B. (2008): IBA uptake and metabolism of different type of plum rootstocks hardwood cuttings. *Acta Biologica Segediensis*, 52 (1) 237-240.p.
157. Schaefer H. (1983): Seasonal changes and probable importance of peroxidase activity in woody parts of vitis. *Vitis*, 22 (1) 1-8. p.
158. Schmid P. P. S., Feucht W. (1980): Isoelectric-focusing of proteins and some enzymes from secondary phloem of cherry grafting-combinations. 1. Proteins in winter. *Scientia Horticulturae*, (12) 55-61. p.
159. Schmidt G., Tóth I. (1996): *Díszfaiskola. Mezőgazda*. Budapest. 178.
160. Schneider E. A., Kazakow C. W., Wightman F. (1985): Gas chromatography –mass spectrometry evidence for several endogenous auxins in pea seedling organs. *Planta*, 165 232-241.p.
161. Schopfer P., Plachy C., Frahry G. (2001): Release of reactive oxygen intermediates (superoxide radicals, hydrogen peroxid, and hydroxyl radicals) and peroxidase in germinating radish seeds controlled by light, gibberellin, and abscisic acid. *Plant Physiology*, 125 1591-1601.p.
162. Seeley S. (1990): Hormonal transduction of environmental stress. *Hort. Science*, 25 (11) 1369-1376.p.
163. Sharma S. D., Aier N. B. (1989): Seasonal rooting behavior of cuttings of plum cultivars as influenced by IBA treatments. *Scientia Horticulturae*, 40 297-303.p.
164. Skoog F., Schmitz R. Y., Bock R. M., Hecht S. M. (1973): Cytokinin antagonists: synthesis and physiological effects of 7-substituted-3-methylpyrazolo [4,3-d] pyrimidines. *Phytochemistry*, (12) 25-37. p.
165. Smith N. G., Wareing P. F. (1972): The rooting of actively growing and dormant leafy cuttings in relation to endogenous hormone levels and photoperiod. *New Phytologist*, 71 483-500.p.
166. Spiegel P. (1954): Auxins and inhibitors in canes of *Vitis*. *Bull. Res. Counc.*, 4 176-183.p.

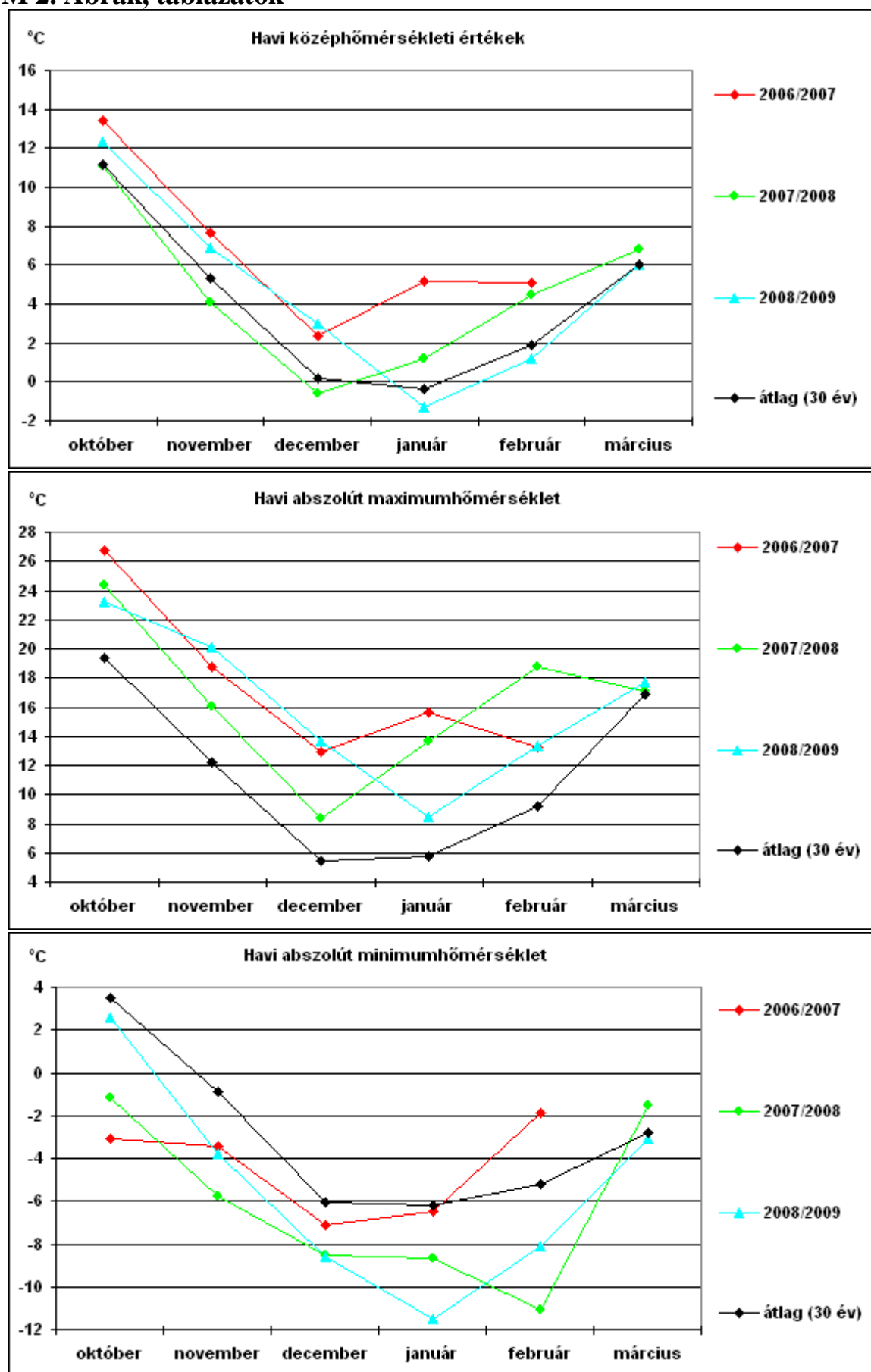
167. Strydom D. K., Hartmann H. T. (1960): Effect of indolebuteric acid on respiration and nitrogen metabolism in Marianna 2624 plum softwood stem cuttings. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*, 76 124-133.p.
168. Sulusoglu A., Cavusoglu A. (2010): Vegetativ propagation of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) using semi-hardwood cuttings. *African Journal of Agricultural Rearesarch*, 5 (23) 3196-3202.p.
169. Surányi D. (2009): Szilva. *Mezőgazda*. Budapest. 8.p.
170. Sutter E. G., Cohen J. D. (1992): Measurment of indole-butyric acid in plant tissues by isotope dilution gas chromatography-mass spectrometry analisis. *Plant Physiol.*, 99 1719-1722.p.
171. Swedan A.A., Edriss M. H., Alhamed A., Yusre A. (1993): Root initiation in the plum rootstock Marianna and the promotive effects of co-factors. *Egyptian Journal of Horticulture*, 20 (1): 43–55.
172. Szabó Z. (2001): Szilva 213-239.p. In.: Tóth M. *Gyümölcsészet*. Primom. Nyíregyháza
173. Szalai I. (1994): Növényi hormonok és egyéb növekedésszabályozók. 39-98p. In: Szalai I. és Máthé Á. *A növények élete II. Az életjelenségek analízise a molekuláris szinttől az ökológiai szintig*. JATEPress. Szeged
174. Szalai I. (szerk.) (2006): *Növényélettán II.* Nemzeti Tankönyv Kiadó. Budapest. 273-274.p.
175. Szecskó V. (2000): Az időzítés szerepe a gyümölcsfaalanyok fásdugványozásában. *Diplomamunka*. SZIE. Budapest
176. Szecskó V. (2004): A fásdugványok gyökeresedő képességének fiziológiai összefüggései szilvaalanyoknál. *Doktori értekezés*. BCE Kertészettudományi Kar, Budapest
177. Szecskó V., Csíkos Á., Hrotkó K. (2002): Timing of hardwood cuttings in the propagation of plum rootstocks. *Acta Horticulturae*, 577 115-119.p.
178. Szecskó V., Csíkos A., Hrotkó K. (2003): Propagation of plum rootstocks by hardwood cuttings. *Journal of Horticultural Science*, 9 23-28.p.
179. Szecskó V., Stefanovits-Bányai É., Hrotkó K. (2004): Phenolic compounds, bud dormynancy, and rooting ability of plum hardwood cuttings. *Acta Hort.* 658 679-687.p.
180. Szentannai Gy. (1993): Almaalanyok fásdugványozása. *Diplomamunka*. KÉE. Budapest
181. Tartoura K., Rocha A., Youssef S. (2004): Synergistic interaction between coumarin 1,2-benzopyrone and indole-3-butyric acid in stimulating adventitious root formation in *Vigna radiata* (L.) Wilczek cuttings: I. Endogenous free and conjugated IAA and basic isoperoxidases. *Plant Growth Regulation*, 42 (3) 253-262.p.

182. Terpó A. (Szerk.) (1979): Általános kertészeti növénytan. Kertészeti Egyetem házi sokszorosítója. Budapest 249.p.
183. Thimann K. V., Koepfli J. B. (1946): Identity of the growth-promoting and root-forming substances of plants. *Nature* 135 101-102.p.
184. Thimann K. V., Went F. W. (1934): On the chemical nature of the root forming hormone. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch*, 37 456-459.p.
185. Timon B. (1998): Néhány honosítói vizsgálatba vont őszibarackfajta téli mélynyugalmanak és virágrügy berakódottságának vizsgálata. *Kertgazdaság*, 30 (2) 1-10.p.
186. Tofanelli M. B. D., Chalfun N. N. J. , Hoffmann A., Chalfun Junior A. (2001): Use of the indolebutyric acid on propagation of plum through hardwood cuttings. *Revista Cientifica Rural*, 6: 115-121.p.
187. Tóth E., Surányi D. (1980): Szilva. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest 428.p
188. Tripathi R. K., Schlosser E. (1979): Effects of fungicides on the physiology of plants. II. Inhibition of adventitious root formation by carbendazim and kinetin. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 86 12-17.p.
189. Trobec M., Štampar F., Veberič R., Ostrec G. (2005): Fluctuations of different endogenous phenolic compounds and cinnamic acid in the first days of the rooting process of cherry rootstock 'Gisela 5' leafy cuttings. *Journ. of Plant Physio.*, 162 589-597.p.
190. Tsipouridis C., Thomidis T., Michailides Z. (2005): Factors influencing the rooting of peach GF677 (peach x almond hibrid) hardwood cuttings in a growth chamber. *New Zealand Journ. of Crop and Hort. Science*, 33 93-98.p.
191. Tsipouridis C., Thomidis T., Bladenopoulou S. (2006): Rhizogenesis of GF677, Early Crest, May Crest and Arm King stem cuttings during the year in relation to carbohydrate and natural hormone content. *Scientia Horticulturae*, 108 200-204.p.
192. Tsurumi S., Wada S. (1988): Oxidation of indole-3-acetylaspatic acid in *Vicia*. 353-359.p. In: Pharis R. P. és Rood S. B. (szerk.) *Plant Growth Substances*. Springer-Verlag. Berlin
193. Ugglá C., Moritz T., Sandberg G., Sunberg B. (1996): Auxin as a positional signal in pattern formation in plants. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA* 93 9282-9286.p.
194. Uzunov A. (1987): Effect of growth regulator treatment on GF 655/2 rootstock propagation by hardwood cuttings. *Rastenievdni Nauki*, 24 (7) 62-66.p.
195. van der Krieken W. M., Breteler H., Visser M. H. M. (1992a): The effect of conversion of indolebutyric acid into indoleacetic acid on root formation. *Plant Cell Physiol.*, 33 709-713.p.



196. van der Lek H. A. A. (1925): Root development in woody cuttings. Med. Landbouwhogeschool Wageningen, 28 211-230. p.
197. Van Doesburg J. (1962): Use of fungicides with vegetative propagation. Proc. 16th Int. Hort. Cong., Vol. IV 365-372.p.
198. Végvári Gy., László H. (2004): Determination of auxine content of soft wood cutted 'Marianna GF8/1' (*Prunus cerasifera* x *P. munsoniana*) by high performance liquid chromatography during rooting period. Int. Journ. of Hort. Science, 10 (3) 67-70.p.
199. Veierskov B., Andersen A. S., Eriksen E. N. (1982): Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativum*. I. Carbohydrate and nitrogen content of pea plants and cuttings grown at two different irradiance. *Physiologia Plantarum*, 55 167-173.p.
200. Vieitez J., Kingston D. G. I., Ballester A., Vieitez E. (1987): Identification of two compounds correlated with lack of rooting capacity of chestnut cuttings. *Tree Physiology*, 3 247-255.p.
201. Wahab F., Nabi G., Ali N., Shah M. (2001): Rooting response of semi-hardwood cuttings of guava (*Psidium guajava* L.) to various concentrations of different auxins. *Online Journal of Biological Science*, 1 (4) 184-187.p.
202. Wang S., Taketa S., Ichii M., Xu L., Xia K., Zhou X. (2003): Lateral root formation in rice (*Oryza Sativa* L.): differential effects of indole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid. *Plant Growth Regulation*, 41 (1) 41-47.p.
203. Wang S.H., Jiao H.J. és Faust M. (1991): Changes in the activity of catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase in apple buds during bud break induced by thidiazuron. *J. Plant Growth Regul.*, 10 33-39. p.
204. Wells J. S. (1963): The use of captan in rooting rhodoendrons. *Proc. Int. Plant Prop. Soc.*, 13 132-135.p.
205. Went F. W. (1929): On a substance causing root formation. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.*, (32) 35-39.p.
206. Went F. W. (1934): A test for rhizocaline, the root forming substance. *Proc. Kon. Nederl. Acad. Wetensch.*, (37) 445-455.p.
207. Yanes K. H., Janes H. (1985): Dormancy period in plum varieties in 1980-83. *Nauchnye Trudy. Estonskii Nauchno-issledovatel'skii Institut Zemledeliya i Melioratsii*, 56 118-124.p.
208. Zimmerman P. W., Wilcoxon F. (1935): Several chemical growth substances which cause initiation of roots and other responses in plants. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 7 209-229.p.

## M 2. Ábrák, táblázatok



1. ábra. A kísérleti évek szaporítási időszakának havi hőmérsékleti adatai

**1. táblázat.** A fajták gyökeresedési tulajdonságainak statisztikai összesítése (időzítés és kezelések hatásainak különbségei)

időpont/IVS	2006/2007						2008/2009						időpont átlag
	0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		
okt.III.	0	a	19	b	23	b	0	a	8	ab	17	ab	11,2 B
nov.I.	0	a	22	b	43	c	0	a	13	ab	21	b	16,5 B
nov.III.	0	a	1	a	41	c	0	a	19	b	26	b	14,5 B
dec.II.	0	a	0	a	2	a	0	a	15	ab	19	b	6,0 AB
jan.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	2	a	0,3 A
feb.II.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
feb.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
márc.I.							0	a	0	a	0	a	0,0 A
átlag	0	A	7	AB	18,2	B	0	A	9	AB	14	AB	
40%+	0	A	0	A	2	AB	0	A	0	A	0	A	

St. Julien GF 655/2

időpont/IVS	2006/2007						2008/2009						időpont átlag
	0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		
okt.III.	71	dc	70	d	67	d	34	b	37	bc	24	b	50,5 C
nov.I.	27	b	23	b	13	ab	44	c	22	b	7	ab	22,7 B
nov.III.	78	d	37	bc	0	a	39	bc	10	ab	2	a	27,7 B
dec.II.	13	ab	8	a	0	a	24	b	3	a	0	a	8,0 AB
jan.III.	8	a	0	a	0	a	6	a	0	a	0	a	2,3 A
feb.II.	0	a	0	a	0	a	2	a	0	a	0	a	0,3 A
feb.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
márc.I.							0	a	0	a	0	a	0,0 A
átlag	32,8	B	23,0	B	13,3	A	25	B	12	AB	6	A	
40%+	2	AB	1	A	1	A	1	A	0	A	0	A	

Marianna GF 8-1

időpont/IVS	2006/2007						2008/2009						időpont átlag
	0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		
okt.III.	72	d	53	c	81	d	33	b	50	c	46	c	55,9 C
nov.I.	52	c	91	de	89	de	35	bc	55	c	43	c	60,7 CD
nov.III.	42	c	79	d	61	cd	41	bcd	48	c	33	b	50,6 C
dec.II.	38	c	58	c	38	c	38	bc	46	c	26	b	40,7 C
jan.III.	28	b	9	a	0	a	7	a	1	a	0	a	7,6 AB
feb.II.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
feb.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
márc.I.							0	a	0	a	0	a	0,0 A
átlag	38,7	C	48,3	C	44,8	C	26	A	33	A	25	A	
40%+	3	B	4	B	3	B	1	A	4	B	2	AB	

Myrobalan B

időpont/IVS	2006/2007						2008/2009						időpont átlag
	0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		
okt.III.	19	b	68	cd	62	cd	33	b	40	bc	42	bc	44,1 C
nov.I.	51	c	72	d	35	bc	38	bc	46	c	39	bc	46,9 C
nov.III.	58	c	54	c	27	b	44	c	42	bc	20	b	40,8 C
dec.II.	69	cd	28	b	4	a	37	bc	11	ab	0	a	24,8 B
jan.III.	51	c	0	a	2	a	13	ab	2	a	0	a	11,3 AB
feb.II.	0	a	0	a	0	a	3	a	0	a	0	a	0,5 A
feb.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
márc.I.							0	a	0	a	0	a	0,0 A
átlag	41,3	C	37,0	BC	21,7	B	28	B	23	B	17	AB	
40%+	4	B	3	B	1	A	1	A	3	B	1	A	

1. táblázat. folytatása

MY-KL-A								MY-BO-1								
időpont/IVS	2006/2007							időpont átlag	2008/2009							időpont átlag
	0 ppm		2000 ppm		4000 ppm				0 ppm		2000 ppm		4000 ppm			
okt.III.	27	b	29	b	41	c	32,3	BC	33	b	43	c	52	c	42,8	C
nov.I.	33	bc	62	cd	29	b	41,3	C	35	bc	42	c	46	c	40,8	C
nov.III.	67	cd	58	c	17	ab	47,3	C	40	bc	45	c	35	bc	39,7	BC
dec.II.	78	d	31	b	0	a	36,3	C	35	bc	12	ab	4	a	16,9	AB
jan.III.	31	bc	0	a	0	a	10,3	AB	18	b	2	a	0	a	6,7	AB
feb.II.	18	b	0	a	0	a	6,0	A	3	a	0	a	0	a	1,0	A
feb.III.	0	a	0	a	0	a	0,0	A	0	a	0	a	0	a	0,0	A
márc.I.									0	a	0	a	0	a	0,0	A
átlag	42,3	C	30,0	B	14,5	A			27	A	24	A	23	A		
40%+	2	AB	2	AB	1	A			1	A	3	B	2	AB		

Ishtara								
időpont/IVS	2008/2009						időpont	
	0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		átlag	
okt.III.	37	bc	48	bc	54	c	46,5	C
nov.I.	42	bc	51	c	35	bc	42,3	C
nov.III.	42	bc	35	bc	12	ab	29,7	B
dec.II.	26	b	11	ab	1	a	12,6	AB
jan.III.	6	a	1	a	0	a	2,3	A
feb.II.	0	a	0	a	0	a	0,0	A
feb.III.	0	a	0	a	0	a	0,0	A
márc.I.	0	a	0	a	0	a	0,0	A
átlag	26	B	24	B	17	AB		
40%+	2	AB	2	AB	1	A		

Kisnánai lószemű													
időpont/IVS	2007/2008						2008/2009						időpont átlag
	0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		0 ppm		2000 ppm		4000 ppm		
okt.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
nov.I.	0	a	2	a	0	a	0	a	1	a	0	a	0,5 A
nov.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
dec.II.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
jan.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
feb.II.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
feb.III.	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0	a	0,0 A
márc.I.							0	a	0	a	0	a	0,0 A
átlag	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	
40%+	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0	A	

40%+ = a 40%-os gyökeresedést meghaladó alkalmak száma

## **Köszönetnyilvánítás**

Szeretném megköszöni Dr. Végvári Györgynek az auxinok HPLC-s mérésében nyújtott segítségét és témavezetői támogatását. Dr. Tóth Magdolnának a publikációink megjelenésének támogatását, Dr. Schmidt Gábornak a melegtalp-kezeléses kísérletekhez szükséges berendezések használatának engedélyezését, továbbá Magyar Lajosnak és Rácz-Szabó Róbertnek és kollégáinak a dugványozásban nyújtott segítségét.

Köszönöm a Gyümölcstermő Növények Tanszék és a WATERS KFT munkatársainak támogatását.